



**MODUL MATA KULIAH
BIOTEKNOLOGI PANGAN
(IBT 421)**

**Disusun Oleh
Seprianto, S.Pi., M.Si.**

**PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI
FAKULTAS ILMU-ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS ESA UNGGUL**

2017

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmatNya sehingga penyusunan Modul Matakuliah Bioteknologi Pangan ini dapat terselesaikan dengan baik. Modul matakuliah ini disusun bagi mahasiswa program studi Bioteknologi, Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan, Universitas Esa Unggul yang mengikuti mata kuliah Bioteknologi Pangan agar dapat melaksanakan kegiatan perkuliahan dengan sebaik-baiknya.

Modul mata kuliah ini dapat disusun dengan bantuan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih kami sampaikan ke berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan Modul Mata Kuliah ini

Penulis berharap semoga Modul Mata Kuliah ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat membantu khususnya bagi para mahasiswa yang menempuh matakuliah Bioteknologi Pangan ini. Penulis menyadari bahwa Modul Mata Kuliah ini masih jauh dari sempurna sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi terus meningkatkan kualitas dan kesempurnaan Modul ini.

Jakarta, 1 September 2017

Tim Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Bab 1. Pengertian dan Sejarah Bioteknologi Pangan.....	1
Bab 2. Bioteknologi Pangan Konvensional.....	12
Bab 3. Bioteknologi Pangan Moderen.....	18
Bab 4. Bioteknologi Tanaman Pangan.....	27
Bab 5. Bioteknologi Hewan Pangan.....	38
Bab 6. Mikrobiologi Pangan.....	51
Bab 7. Bioteknologi Enzim	68
Bab 8. Bioteknologi Fermentasi.....	80



BAB I. PENGERTIAN DAN SEJARAH BIOTEKNOLOGI PANGAN

A. Pengantar

Meningkatnya kualitas hidup serta nilai-nilai budaya manusia itu sendiri akan menuntut peningkatan dari kualitas kebutuhannya, sedangkan pertambahan jumlah populasi manusia akan meningkatkan kuantitas kebutuhan tersebut. Untuk memenuhi kebutuhan manusia tersebut maka berkembanglah suatu kemajuan teknologi baru yang memberikan kesempatan kepada manusia untuk menjadi arsitek kehidupan yaitu Bioteknologi. Bioteknologi berasal dari kata “bio” dan “teknologi” yang dapat diartikan sebagai penggunaan organisme atau sistem hidup untuk memecahkan suatu masalah atau untuk menghasilkan produk yang berguna.

Bioteknologi dapat didefinisikan sebagai aplikasi proses biologis dengan menggunakan sel-sel mikroba, tanaman maupun hewan serta bagian-bagian daripadanya, untuk menghasilkan barang dan jasa. Maka bioteknologi pangan dapat diartikan solusi bioteknologi dibidang pangan, sejak dari mempersiapkan bahan sampai dengan pengolahannya menjadi produk siap olah maupun siap hidang pangan adalah ilmu yang mempelajari tentang pemanfaatan berbagai jenis mikroba atau mikroorganisme yang menguntungkan yang bertujuan untuk menghasilkan produk bahan pangan manusia. Bioteknologi pangan atau makanan memanfaatkan mikroorganisme untuk melakukan pengelolaan makanan dengan mengubah bahan makanan menjadi bentuk lain.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dan memahami tentang perkembangan Bioteknologi pangan serta dasar – dasar dari bioteknologi pangan.

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Memahami tentang sejarah perkembangan bioteknologi pangan
2. Menjelaskan prinsip dasar dalam pengembangan bioteknologi pangan dari dulu hingga sekarang

D. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen

E. Materi

1. Pendahuluan (Penyertian Bioteknologi Pangan)

Bioteknologi pangan adalah ilmu yang mempelajari tentang pemanfaatan berbagai jenis mikroba atau mikroorganisme yang menguntungkan yang bertujuan untuk menghasilkan produk bahan pangan manusia. Bioteknologi pangan atau makanan memanfaatkan mikroorganisme untuk melakukan pengelolaan makanan dengan mengubah bahan makanan menjadi bentuk lain. Pendapat lain mengatakan bioteknologi dalam bidang pangan merupakan cabang ilmu yang mempelajari pemanfaatan makhluk hidup (bakteri, fungi dan lainnya) maupun produk dari makhluk hidup (enzim, alkohol) dalam proses produksi untuk menghasilkan bahan pangan. Maka bioteknologi pangan dapat diartikan solusi bioteknologi dibidang pangan, sejak dari mempersiapkan bahan sampai dengan pengolahannya menjadi produk siap olah maupun siap hidang.

Bioteknologi secara sederhana sudah dikenal oleh manusia sejak ribuan tahun yang lalu. Sebagai contoh, di bidang teknologi pangan adalah pembuatan bir, roti, maupun keju yang sudah dikenal sejak abad ke-19. Di bidang pangan, dengan menggunakan teknologi rekayasa genetika, kultur jaringan dan rekombinan DNA, dapat dihasilkan tanaman dengan sifat dan produk unggul karena mengandung zat gizi yang lebih jika dibandingkan tanaman biasa, serta juga lebih tahan terhadap hama maupun tekanan lingkungan.

Di Negara kita banyak dijumpai produk-produk makanan tradisional hasil proses fermentasi atau kerja mikroorganisme, seperti tempe, oncom, dan tapai. Semua itu digolongkan kedalam bioteknologi tradisional atau konvensional. Bioteknologi tradisional memiliki ciri, semua hasil akhir dan produktivitasnya adalah sebagai proses alamiah, sesuai dengan kemampuan dasar yang dimiliki oleh tiap mikroorganisme yang berperan. Proses-proses bioteknologi dalam bidang pangan saat ini meliputi proses fermentasi yaitu berupa bahan makanan seperti yogurt, keju, bir, anggur, cuka, roti, dan kecap

2. Sejarah Bioteknologi Pangan

Sejarah Bioteknologi Pangan Produksi makanan dengan proses mengubah bahan baku dari tanaman atau hewan telah dilakukan sejak dulu

dengan menggunakan api. Sejarah produksi bioteknologi pangan dimulai dengan produksi makanan fermentasi seperti wine, roti atau keju. Baik pemanasan makanan dan aplikasi fermentasi menghasilkan peningkatan signifikan pada keamanan dan kualitas pangan. Kronologi Perkembangan Bioteknologi Pangan (Hulse, 2004) :

Tahun	Peristiwa
Milenium ke-4	Orang Mesir mengembangkan penggilingan gabah, baking, membuat bir.
Milenium ke-3	Orang Mesir dan Sumeria pengawetkan susu, sayur dengan fermentasi asam
Milenium pertama	Freeze-drying udara terbuka kentang oleh Andean Amerindians.
Abad ke-4	Aristotle mengklasifikasikan tanaman dan hewan. Theophrastus menulis "History of Plant"
Abad ke-18	Linnaeus (Swedia) membuat formula taksonomi klasifikasi tanaman dan hewan. Spallanzani (Italia) mensterilisasi makanan dan bahan organik dengan memanaskan dalam tangki kedap udara. Spallanzani mendemonstrasikan fertilisasi telur dengan spermatozoa.
Abad ke-19	1820. Braconot (Prancis) menghidrolisa gelatin untuk memproduksi glycine, daging, dan wool-leucine
1840-50s	J. von Liebig mengenali protein, lemak, karbohidrat, dan berbagai mineral penting untuk nutrisi manusia dan hewan.
1854	Lawes & Gilbert (UK) mendemonstrasikan perbedaan nilai nutrisi antara tanaman berprotein yang diumpakan ke babi.
1825.	F. B. Raspall menggunakan iodine sebagai pewarna untuk menampilkan distribusi pati dalam sel tanaman, dikenal sebagai bapak histo-chemistry
1827	K. E. von Baer (Estonian) mendeskripsikan telur mamalia
1830	Robert Brown (Scotland) mendeskripsikan nukleus sel tanaman
1860s	Louis Pasteur (French) membuktikan bahwa mikroba adalah penyebab bukan hasil dari fermentasi dari barang yang telah busuk.
1866	Gregor Mendel mengidentifikasi sifat yang diwariskan dari varietas kacang polong yang berbeda. Hasil penemuan Mendel ditolak sampai ditemukan lagi oleh peneliti Amerika pada 1900.
1883	Johann Kjeldahl (Netherland), menemukan metode analisa nitrogen dalam protein.
. Abad ke-20	Pengakuan teori Mendel tentang penurunan sifat pada semua tanaman dan hewan
1980/90s	Rockafella Foundation dan International Rice Research Institute menemukan cara transgenik untuk mentransfer sifat anti hama antara <i>Oryza</i> spp. liar dan hasil panen dikembangkan pangan transgenik lain

3. Kelompok Bioteknologi Pangan

Secara garis besar kegiatan bioteknologi dalam bidang pangan meliputi :

1. Teknologi sel mikroba, untuk produksi pangan terfermentasi dan aditif pangan.

Teknologi sel mikroba sudah diaplikasikan dibidang pangan beberapa abad yang lalu. Tujuan dari teknologi sel mikroba ini adalah untuk pengawetan pangan yang menghasilkan berbagai jenis pangan terfermentasi seperti dadih (yoghurt dan keju), tauco, tape dan sebagainya. Sedangkan teknologi mikrobial yang bertujuan untuk menghasilkan bahan kimia (sekaligus bahan pangan) adalah produksi etanol oleh khamir dan proses lanjutannya untuk menghasilkan cuka (asam asetat) oleh bakteri. Pada awal abad ke II ditemukan teknologi produksi gliserol oleh khamir yang dirangsang oleh kebutuhan untuk memproduksi dinamit. Berbagai macam asam dan enzim sudah dapat dihasilkan dengan bantuan mikroba ini. Bahkan sederetan bahan kimia lain yang telah dapat diproduksi secara mikrobial. Mikroba sudah terbukti merupakan agen biologis yang sangat potensial untuk menghasilkan berbagai jenis zat kimia. Banyak diantaranya merupakan bahan aditif pangan. Teknologi produksi aditif pangan secara mikrobial dilandasi oleh teknik manipulasi metabolisme agar zat yang dikehendaki terakumulasi dan dikeluarkan dari dalam sel. Teknik manipulasi metabolisme ini diperoleh dari mutasi konvensional seperti radiasi dengan sinar X, UV, Gamma dan penggunaan mutagen kimia, maupun mutasi modern melalui rekayasa genetik.

2. Aplikasi enzim baik untuk persiapan bahan maupun pengolahan pangan.

Teknologi aplikasi enzim untuk persiapan maupun pengolahan pangan sangat luas. Aplikasi yang tergolong kelompok pertama, misalnya pembuatan sirup glukosa dari pati-patian yang melibatkan enzim-enzim α dan β amylase, amiloglukosidase dan pullulanase, konversi glukosa ke fruktosa oleh glukosaisomerase, penggunaan pektinase untuk membantu ekstraksi pati dari bahan asalnya, modifikasi pati untuk mengubah sifat fungsionalnya dan sebagainya. Kelompok kedua, misalnya penggunaan lipase untuk menghasilkan emulsifier, surfaktant, mentega, coklat tiruan, protease untuk membantu pengempukan daging, mencegah kekeruhan bir, naringinase untuk

menghilangkan rasa pahit pada juice jeruk, glukosa oksidase untuk mencegah reaksi pencoklatan pada produk tepung telur dan lain-lain.

3. Kultur sel atau jaringan tanaman dan tanaman transgenik.

Sel tanaman mempunyai kemampuan yang disebut "totipotency", yaitu kemampuan tumbuh dan berkembang biak untuk menjadi tanaman lengkap pada medium yang memenuhi syarat. Sel tersebut dapat tumbuh tanpa mengalami deferensiasi. Hal ini tergantung pada kadar hormone pertumbuhan yang diberikan. Pemberdayaan sel atau jaringan tanaman bertujuan untuk :

- Produksi zat kimia atau aditif pangan
- Menumbuhkan tanaman (dengan produk bahan pangan) bersifat tinggi
- Menumbuhkan tanaman dengan produktifitas bahan pangan tinggi.

Sifat variasi somaklonal dari sejumlah populasi sel tanaman yang tumbuh dapat digunakan untuk menseleksi sel tanaman yang unggul untuk memproduksi metabolit tertentu. Produk-produk aditif dari sel tanaman tersebut berguna untuk :

- Zat warna pangan (antosianin, betasinin, saffron)
- Flavor (strawberry, anggur, vanilla, asparagus)
- Minyak atsiri (mint, ros, lemon bawang)
- Pemanis (steviosida, monelin)

Tanaman transgenik adalah khususnya tanaman yang mempunyai gen hasil alihan dari mikroorganisme lain. Contoh tanaman transgenik adalah tanaman yang mengandung gen racun serangga dari *Bacillus thuringiensis* (gen Bt). Tanaman kentang tahan terhadap herbisida biolaphos, tanaman kapas tahan terhadap herbisida glyphosate.

4. Kultur sel hewan dan hewan transgenik.

Kultur sel hewan adalah sistem menumbuhkan sel manusia maupun hewan untuk tujuan memproduksi metabolit tertentu. Aplikasi dari system ini banyak digunakan untuk menghasilkan produk-produk farmasi dan kit diagnostik dengan jenis produk berupa molekul protein kompleks. Aplikasi yang berhubungan tidak langsung dengan masalah pangan, misalnya: penetapan jenis kelamin dari embrio yang akan ditanam, penentuan masa ovulasi dari sapid an fertilisasi in vitro untuk hewan. Adapun contoh-contoh produk yang biasa

dihasilkan oleh sel hewan misalnya: interferon, tissue plasminogen activator, erythroprotein, hepatitis B surface antigen.

Hewan transgenic adalah hewan yang menerima gen pindahan dari organisme lain (atau hewan yang sama) untuk tujuan-tujuan yang tentunya dianggap menguntungkan bagi manusia.

5. Rekayasa protein.

Aplikasi rekayasa protein dalam bidang pangan melibatkan dua hal yaitu :

- a) Enzim melalui modifikasi molekul protein, untuk stabilitas enzim pada kondisi-kondisi khusus. Misalnya perbaikan kestabilan termal dari enzim glukosa isomerase.
- b) Modifikasi protein pangan untuk mengubah sifat fungsionalnya, untuk memperbaiki sifat elastisitas, kemampuan membentuk emulsi atau kemampuan menstabilkan tekstur.

B. Manfaat Bioteknologi dalam Bidang Pangan

Peran bioteknologi, khususnya pemanfaatan mikroba dalam bidang pangan, telah cukup luas dikenal masyarakat. Dengan mudah, kita dapat menemukan makanan dan minuman hasil fermentasi mikroba. Adapun manfaat bioteknologi dalam bidang pangan adalah sebagai berikut :

- ✓ Menghasilkan produk makanan yang bergizi tinggi. Contohnya: tempe, roti dan nata de coco.
- ✓ Menghasilkan produk makanan dan minuman hasil fermentasi alkohol. Contohnya: tapai, bir dan wine.
- ✓ Menghasilkan produk makanan dan minuman hasil fermentasi Asam. Contohnya: yoghurt, keju, sauerkraut dan pikel (acar).
- ✓ Menghasilkan produk bahan penyedap. Contohnya: tauco, kecap, terasi, dan cuka.

Potensi manfaat makanan rekayasa genetik antara lain :

- Peningkatan ketersediaan pangan
- Peningkatan umur simpan dan kualitas organoleptik makanan
- Peningkatan kualitas gizi dan manfaat kesehatan
- Peningkatan kualitas protein
- Peningkatan kandungan karbohidrat makanan

- Peningkatan kuantitas dan kualitas daging dan susu
- Peningkatan yield tanaman pertanian
- Pembuatan vaksin dan obat-obatan yang edible atau dapat dimakan
- Ketahanan biologis terhadap penyakit, hama, gulma, herbisida dan virus
- Bioremediasi
- Efek positif pada produk pertanian/makanan
- Perlindungan lingkungan
- Tanaman rekayasa genetik berfungsi sebagai biofactories dan sumber dari bahan baku industri
- Terciptanya lapangan kerja

Sedangkan masalah dari adanya bioteknologi dalam bidang pangan adalah munculnya penyakit biotipe baru dari produk bioteknologi pangan

F. Evaluasi Belajar

a. Rangkuman

Bioteknologi pangan adalah ilmu yang mempelajari tentang pemanfaatan berbagai jenis mikroba atau mikroorganisme yang menguntungkan yang bertujuan untuk menghasilkan produk bahan pangan manusia. Bioteknologi pangan atau makanan memanfaatkan mikroorganisme untuk melakukan pengelolaan makanan dengan mengubah bahan makanan menjadi bentuk lain. Pendapat lain mengatakan bioteknologi dalam bidang pangan merupakan cabang ilmu yang mempelajari pemanfaatan makhluk hidup (bakteri, fungi dan lainnya) maupun produk dari makhluk hidup (enzim, alkohol) dalam proses produksi untuk menghasilkan bahan pangan

b. Latihan

1. Apa yang dimaksud Bioteknologi?
2. Sebutkan Peran Bioteknologi dalam perkembangan pangan
3. Jelaskan Kelompok Bioteknologi Pangan?

G. Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning

3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Tugas diselesaikan sebelum batas akhir pengumpulan tugas

H. Daftar Pustaka

Hulse, J.H. 2004. Biotechnologies: past history, present state and future prospects.

Trends in Food Science & Technology. 15: 3-18

Pramasinta Alice, Riska L, Hadiyanto. 2014. Bioteknologi Pangan: Sejarah, Manfaat dan Potensi Risiko. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan.

Nurchahyo H. 2011. Diktat Bioteknologi. Jurusan Pendidikan Biologi. Universitas Negeri Yogyakarta

Yuwono T. 2005. Bioteknologi Pertanian. UGM Press. Yogyakarta



BAB II. BIOTEKNOLOGI PANGAN KONVESIONAL

A. Pengantar

Perkembangan bioteknologi konvensional sekarang ini masih dilakukan untuk menghasilkan produk pangan yang bermutu. Dalam hal ini, yang sangat berperan dalam menghasilkan suatu produk adalah mikroorganisme. Berbagai jenis mikroorganisme bersifat menguntungkan dan berguna untuk produksi bahan pangan manusia. Kamu tentu mengenal makanan seperti yoghurt, acar, sosis, roti, keju, tempe, oncom, kecap, dan tapai. Semua makanan tersebut memanfaatkan mikroorganisme dalam pembuatannya.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam pemahaman mengenai sistem respirasi pada hewan

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Menjelaskan pengertian respirasi
2. Memahami fungsi respirasi pada hewan
3. Menjelaskan berbagai macam respirasi pada hewan

D. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen

E. Materi

A. Pendahuluan

Mikroorganisme juga dimanfaatkan sebagai penghasil bahan pangan yang berprotein tinggi, atau dikenal sebagai protein sel tunggal (PST). Kelebihan mikroorganisme sebagai penghasil protein adalah mudah dibudidayakan, pertumbuhannya sangat cepat, dan kadar proteinnya sangat tinggi yaitu dapat mencapai 80%. Bandingkan dengan protein pada biji kedelai yang kadarnya sekitar 45%. Contoh organisme penghasil PST adalah ganggang *Chlorella* dan *Spirulina*.

Aneka produk makanan memanfaatkan jasa mikroorganisme dalam pengolahannya. Peranan mikroorganisme dalam pengolahan makanan ini adalah mengubah bahan makanan menjadi bentuk lain, sehingga nilai gizinya lebih tinggi, zat gizi lebih mudah diserap dan dimanfaatkan, serta mempunyai cita rasa yang lebih menarik. Perhatikan beberapa contoh jenis makanan dan mikroorganisme yang berperan dalam pengolahannya pada tabel berikut ini. Tabel produk makanan dan mikroorganisme yang berperan dalam pengolahannya

Produk Makanan	Bahan Mentah	Mikroorganisme Pengolah
Berbagai jenis kue	Tepung gandum	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Kopi	Biji kopi	<i>Erwinia dissolvens</i>
Kecap	Kedelai	<i>Aspergillus wentii</i>
Yoghurt	Susu	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> dan <i>L. Acidophilus</i>
Keju	Susu	<i>Lactobacillus casei</i>
Nata de coco	Air kelapa	<i>Acetobacter xylinum</i>
Oncom	Kacang tanah	<i>Neurospora crassa</i>
Tape	Umbi ketela pohon atau beras ketan	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Tempe	Kedelai	<i>Rhizopus oryzae</i>
Sayur asin	Sawi hijau	<i>Bakteri asam laktat.</i>

Pemanfaatan mikroorganisme sebagai pengolah bahan makanan telah lama dikenal dan dilakukan oleh banyak orang. Misalnya, digunakan untuk membuat tape, tempe, kecap, dan sebagainya. Berikut ini adalah beberapa contoh peran mikroorganisme sebagai pengolah makanan.

B. Penggolongan Mikroorganisme dalam Pangan

a. Pemanfaatan Mikroorganisme untuk Membuat Kue/Roti

Dalam pembuatan kue, pada adonan tepung ditambahkan ragi ke dalam adonan tersebut dan dibiarkan beberapa saat. Di dalam ragi terdapat jamur *Saccharomyces cereviceae*. Jamur ini akan berkembang biak dengan cepat dalam substrat tepung dan memfermentasi adonan gula (glukosa). Dalam proses

fermentasi ini dihasilkan gelembung-gelembung gas karbon dioksida. Keluarnya gas inilah yang menyebabkan adonan kue atau roti dapat mengembang.

b. Mikroorganisme untuk Membuat Asinan

Asinan atau acar merupakan hasil fermentasi bakteri asam laktat (*Lactobacillus bulgaricus*) yang memberi rasa masam dan sedikit asin pada bahan-bahan seperti kubis, mentimun, dan lobak. Pada umumnya, pembuatan acar dilakukan secara terbuka sehingga memungkinkan bakteri aerob mengubah rasa menjadi masam.

c. Mikroorganisme untuk Membuat Minuman dan Alkohol

Mikroorganisme yang banyak digunakan untuk membuat minuman dan alkohol adalah kelompok jamur anaerob. Substrat yang digunakan jamur berupa zat tepung atau karbohidrat. Jamur akan menghasilkan semacam enzim sehingga dapat memfermentasi tepung menjadi glukosa dan karbon dioksida. Dalam proses fermentasi ini dihasilkan alkohol yang dapat memberi citarasa tersendiri pada produk yang dihasilkan, contohnya pada pembuatan tuak, brem, dan sake. Minuman ini dihasilkan dari fermentasi beras ketan oleh *Aspergillus orizae*. Tuak merupakan minuman beralkohol tradisional Jawa. Brem adalah minuman beralkohol tradisional Bali. Sedangkan Sake adalah minuman beralkohol tradisional Jepang.

Contoh lainnya adalah proses pembuatan anggur (wine) dan bir. Anggur dibuat dari buah anggur atau buah yang lain dengan memanfaatkan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Saccharomyces bayanus* melalui proses fermentasi. Bir dibuat dari biji padi yang sebelumnya diubah menjadi malt yang mengandung enzim amilase. Enzim amilase mengubah zat tepung menjadi glukosa sehingga bisa difermentasi oleh khamir jenis tertentu. Hasil fermentasi berupa etanol dan karbon dioksida. Alkohol juga dapat dibuat dari fermentasi tetes tebu yang disuling untuk mendapatkan alkohol berkadar tinggi. Umumnya, proses pembuatan minuman beralkohol melalui dua tahap, yaitu tahap fermentasi dan tahap destilasi (penyulingan). Tahap destilasi diperlukan untuk meningkatkan kadar alkohol dalam minuman.

d. Mikroorganisme untuk Membuat Yogurt

Yogurt adalah sejenis minuman yang berasal dari susu yang diproses dengan dimanfaatkan mikroorganisme tertentu. Dalam pembuatan yogurt, susu diuapkan agar lebih kental dan kadar lemaknya berkurang. Susu kental ini kemudian difermentasikan pada suhu 45° dengan menggunakan campuran bakteri *Streptococcus thermophilus* dan bakteri *Lactobacillus bulgaricus*. Bakteri *Streptococcus thermophilus* pada pembuatan yogurt berfungsi memberi rasa masam, sedangkan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* memberi aroma dan rasa yang berbeda. Jadi, kombinasi antara kedua bakteri itulah yang memberi cita rasa dan aroma pada yogurt.

e. Mikroorganisme untuk Membuat Mentega dan Keju

Mentega dibuat dari susu krim atau susu skim. Cita rasa dan aroma mentega berasal dari hasil fermentasi bakteri yang sama seperti bakteri yang digunakan untuk membuat yogurt yaitu bakteri asam laktat (*Lactobacillus bulgaricus*). Sedangkan keju juga dibuat dari susu yang difermentasikan oleh bakteri asam laktat. Pembuatan keju memerlukan air dadih yang dibuat dari protein susu yang disebut kasein. Beberapa jenis keju difermentasikan oleh bakteri *Propionibacterium*. Jamur lain juga dapat digunakan untuk membuat keju, misalnya beberapa spesies dari genus *Penicillium* untuk membuat keju yang berwarna hijau kebiruan.

C. Produk Bioteknologi dalam Bidang Pangan

Secara garis besar, produk bioteknologi dalam bidang pangan dapat dikelompokkan menjadi empat jenis yaitu sebagai berikut :

1. Produk makanan bergizi tinggi

a. Tempe

Salah satu contoh makanan bergizi tinggi hasil bioteknologi adalah tempe. Tempe merupakan makanan tradisional masyarakat Indonesia yang sudah dikenal sejak dulu. Tempe dibuat dengan memanfaatkan jamur genus *Rhizopus*, seperti *R. stoloniferus*, *R. oligosporus*, dan *R. oryzae*. Tempe memiliki beberapa keunggulan, yaitu bergizi tinggi dan mudah dicerna. Hal itu disebabkan selama proses fermentasi, jamur *Rhizopus* menghasilkan enzim protease yang mampu mendegradasi protein menjadi

asam amino dan juga menghasilkan enzim lipase yang menguraikan lemak menjadi asam lemak. Baik asam amino maupun asam lemak merupakan senyawa sederhana yang langsung dapat diserap oleh tubuh

b. Roti

Roti juga termasuk makanan produk bioteknologi yang bergizi tinggi. Roti dibuat dengan cara fermentasi oleh ragi atau yeast. Dalam pembuatan roti, produk fermentasi yang diperlukan hanyalah karbon dioksida. Karbon dioksida membentuk gelembung-gelembung udara dalam adonan roti. Gelembung-gelembung udara tersebut menjadi roti bertekstur ringan atau berongga-rongga. Adonan roti terdiri atas campuran tepung terigu, garam, lemak, air dan yeast. Yeast tidak memiliki enzim untuk memecah amilum yang terdapat didalam tepung, tetapi penambahan air mengaktifkan enzim amilase yang ada didalam tepung terigu. Selanjutnya, enzim amylase memecah amilum menjadi gula dan gula difermentasi menjadi alcohol serta karbon dioksida oleh yeast

c. Nata de coco

Nata de coco merupakan produk fermentasi air kelapa oleh bakteri *Acetobacter xylinum*. Nata sebenarnya adalah polisakarida (selulosa) yang disintesis bakteri tersebut selama proses fermentasi berlangsung. Biosintesis selulosa ini menggunakan sumber gula yang berasal dari medium air kelapa, yaitu glukosa dan fruktosa

2. Produk makanan dan minuman hasil fermentasi alkohol

a. Tape

Tapai merupakan makanan beralkohol yang memiliki rasa khas dengan kandungan alkohol 3-5 %. Untuk membuat tapai digunakan ragi tapai. Pada ragi tapai terdapat berbagai mikroorganisme, umumnya dari kelompok jamur dan khamir (yeast). Pada saat fermentasi tapai terjadi proses sakarifikasi pati (amilum) oleh enzim amilase yang dihasilkan oleh jamur, kemudian dilanjutkan dengan fermentasi alkohol oleh khamir.

b. Bir

Bir dibuat dari tumbuhan barley (sejenis gandum). Pada umumnya yeast yang digunakan dalam pembuatan bir adalah *Saccharomyces cerevisiae* dan *S. carlsbergensis*. Enzim-enzim yang terdapat didalam yeast mengubah maltosa dalam biji barley menjadi glukosa. Fermentasi bir umumnya memakan waktu

5-14 hari, bergantung pada jenis bir dan hasil perubahan gula menjadi alcohol, yaitu 3-5 % larutan

c. Wine

Minuman anggur atau wine terbuat dari sari buah anggur yang juga difermentasikan oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Jenis minuman anggur yang dihasilkan bergantung pada jenis buah anggur yang digunakan, proses fermentasi, dan cara penyimpanannya. Rasa dan aroma anggur bergantung pada asam-asam organik dan senyawa-senyawa aromatik organik yang terdapat didalam sari buah anggur dan proses fermentasi. Minuman anggur umumnya mengandung alcohol dengan kadar 10-15 %.

3. Produk makanan dan minuman hasil fermentasi asam

a. Yogurt

Bakteri asam laktat yang digunakan untuk pembuatan yogurt adalah *Lactobacillus bulgaris*, *Streptococcus lactis*, dan *Streptococcus thermophilus*. Bakteri-bakteri tersebut mengubah gula susu (laktosa) menjadi asam laktat. Kondisi asam menyebabkan susu mengalami penggumpalan menjadi dadih susu. Dadih susu terbentuk selama fermentasi oleh bakteri asam laktat. Pembuatan yoghurt dan keju bergantung pada proses penggumpalan susu tersebut. Bakteri asam laktat yang digunakan untuk fermentasi sayur-sayuran dan biji-bijian dalam pembuatan sauerkraut dan pickel (acar) adalah *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus cremoris*. Makanan yang difermentasikan oleh bakteri asam laktat, selain menjadi awet juga memiliki cita rasa yang khas dan mutu gizinya lebih baik.

b. Keju

Keju merupakan contoh penerapan bioteknologi konvensional yang dilakukan melalui metode pengawetan susu. Metode ini sudah dilakukan semenjak zaman Romawi dan Yunani kuno. Keju dibuat dengan menambahkan bakteri asam laktat pada susu. Bakteri asam laktat tersebut misalnya *Propionibacterium* (untuk keju keras), *Penicillium roqueforti* (untuk keju setengah lunak), dan *Penicillium camemberti* (untuk keju lunak). Adapun bakteri-bakteri tersebut berfungsi sebagai mikrobia yang dapat mengubah laktosa (gula susu) menjadi asam laktat yang padat dan menggumpal.

c. Mentega

Mentega contoh produk bioteknologi konvensional yang dihasilkan dari fermentasi krim susu menggunakan bakteri *Streptococcus lactis*. Bakteri ini dapat memisahkan tetesan mentega yang berlemak dengan cairan yang terkandung di dalamnya

4. Produk bahan penyedap

a. Tauco

Tauco merupakan produk fermentasi biji kedelai oleh kapang, khamir, ataupun bakteri. Pada pembuatan tauco terdapat dua tahap proses fermentasi yaitu fermentasi tahap pertama dilakukan oleh kapang, seperti pada pembuatan tempe. Dan fermentasi tahap kedua dilakukan oleh bakteri atau khamir yang halotoleran dalam larutan garam. Mikroorganisme yang terlibat dalam pembuatan tauco, antara lain *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus oligosporus*, *Laktobacillus delbrueckii*, *Hansenulla sp.*, *Zygosaccharomyces soyae*.

b. Kecap

Kecap merupakan bahan penyedap hasil fermentasi biji kedelai. Mikroorganisme yang terlibat dalam fermentasi kecap, antara lain *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus soyae*, bakteri asam laktat homofermentatif (*Laktobacillus*), dan khamir halotoleran. Peran bakteri asam laktat adalah membentuk rasa dan aroma kecap yang khas. Enzim terpenting yang dihasilkan selama pembuatan kecap adalah enzim protease.

c. Terasi

Terasi merupakan produk fermentasi dari udang atau ikan menjadi bentuk pasta berwarna merah kecokelatan dan beraroma khas. Mikroorganisme yang terlibat dalam fermentasi terasi, antara lain *Bacillus*, *Pediococcus*, *Lactobacillus*, *Brevibacterium*, dan *Corynebacterium*.

d. Cuka

Cuka merupakan bahan penyedap hasil oksidasi etanol oleh bakteri *Acetobacter*.



Etanol itu sendiri dapat berasal dari bir, anggur, atau sari buah apel. Cuka bersifat sangat asam sehingga sebelum digunakan harus diencerkan dulu dengan air

D. Bioteknologi Konvensional dalam Bidang Lainnya

a. Biogas

Biogas merupakan salah satu energi alternatif pengganti minyak bumi yang dihasilkan melalui fermentasi kotoran ternak dan bahan organik lainnya. Melalui fermentasi ini, bahan-bahan tersebut diubah menjadi metana yang dapat berfungsi sebagai penghasil energi yang mirip gas LPG.

b. Pengolahan Limbah

Sebelum dibuang ke perairan, limbah industri mengalami serangkaian proses pengolahan untuk menurunkan tingkat pencemarannya. Pengolahan limbah dewasa ini dilakukan menggunakan bantuan mikroba pengolah limbah, misalnya *Methanobacterium*. Bakteri tersebut menguraikan limbah organik menjadi karbondioksida, metana, dan hidrogen

c. Obat-Obatan

Contoh bioteknologi konvensional dapat pula ditemukan dalam produksi obat-obatan. Jamur *Penicillium* sp. digunakan sebagai antibiotik penisilin, antibiotik yang perannya sangat penting di dunia kesehatan untuk mengobati penyakit-penyakit akibat infeksi patogen

F. Evaluasi Belajar

a. Rangkuman

Dirunut dari konsepnya, pengertian bioteknologi konvensional diartikan sebagai suatu teknologi sederhana yang telah digunakan sejak lama dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai agen pembantu dalam menghasilkan suatu produk. Contoh bioteknologi konvensional yang dikembangkan oleh nenek moyang manusia pada zaman dahulu hingga kini masih diterapkan oleh sebagian masyarakat kita. Contoh-contoh penerapan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 jenis, yaitu penerapannya dalam bidang pengolahan produk susu, bidang pangan, dan bidang non-pangan

Latihan

1. Jelaskan Pengertian sejarah perkembangan Bioteknologi konvensional
2. Jelaskan pengelompokan mikroorganisme yang membantu dalam proses pangan
3. Jelaskan 5 contoh produk pangan berdasarkan jenis bahan baku dan hasil produk yang di hasilkan

G. Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Tugas diselesaikan sebelum batas akhir pengumpulan tugas

H. Daftar Pustaka

Pramasinta Alice, Riska L, Hadiyanto. 2014. Bioteknologi Pangan: Sejarah, Manfaat dan Potensi Risiko. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan.

Nurchayyo H. 2011. Diktat Bioteknologi. Jurusan Pendidikan Biologi. Universitas Negeri Yogyakarta

Yuwono T. 2005. Bioteknologi Pertanian. UGM Press. Yogyakarta

BAB III. BIOTEKNOLOGI PANGAN MODEREN

A. Pengantar

Bioteknologi moderen merupakan bioteknologi berdasarkan pada manipulasi atau rekayasa genetika yang dilakukan dengan memodifikasi gen-gen spesifik dan memindahkannya pada organisme yang berbeda seperti bakteri, tumbuhan, dan hewan. Genetic Engineering (rekayasa genetika) pangan adalah ilmu yang melibatkan modifikasi genetik tumbuhan dan hewan. Hal ini telah lama dipraktekkan oleh petani sejak awal sejarah yang telah dikembangkan menggunakan teknologi pada saat ini. Beberapa makanan yang dikonsumsi saat ini ada yang berasal dari modifikasi rekayasa genetik atau mengandung bahan yang telah mengalami modifikasi gen. Rekayasa genetik pangan memiliki beberapa manfaat, namun teknologi ini diikuti dengan berbagai kontroversi. Beberapa potensi resiko yang muncul dari rekayasa genetik pangan antara lain perubahan kualitas gizi makanan, potensi toksisitas, kemungkinan resistensi antibiotik dari tanaman GMO, potensi alergenitas dan carcinogenicity karena mengkonsumsi makanan GMO, pencemaran lingkungan, tidak sengaja transfer gen pada tanaman liar, adanya kemungkinan penciptaan racun dan virus baru, ancaman terhadap keragaman genetik tanaman, kontroversi agama, budaya, dan etika. Manfaat yang diberikan rekayasa genetika pangan adalah perbaikan masa simpan dan organoleptik sayuran dan buah, peningkatan kualitas gizi dan manfaat kesehatan dalam makanan, meningkatkan protein dan karbohidrat makanan, meningkatkan kualitas lemak, meningkatkan kualitas dan kuantitas daging, susu, dan ternak, meningkatkan hasil panen yang tahan terhadap serangga, hama, penyakit, dan cuaca. Dalam review ini akan dibahas mengenai sejarah perkembangan ilmu bioteknologi untuk pangan serta manfaat dan potensi resiko yang mungkin ditimbulkan dari penggunaan teknologi ini

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam pemahaman tentang Bioteknologi moderen yang berbasis pangan

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Menjelaskan sejarah perkembangan bioteknologi moderen
2. Menjelaskan produk – produk olahan pangan dari bioteknologi moderen
3. Dapat membedakan produk yang diolah berdasarkan bioteknologi konvensional dan moderen

D. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen dan diskusi

E. Materi

A. Pendahuluan

Penerapan bioteknologi pada makanan secara modern, diawali pada 1992 saat itu sebuah perusahaan Amerika, Calgene, mendapatkan izin untuk memasarkan OHMG yang disebut Flavrsavr. OHMG ini adalah tomat yang dibuat lebih tahan hama dan tidak dapat membusuk secara umum, penerapan bioteknologi modern pada makanan tidak dapat dipisahkan dengan bioteknologi modern pada bidang pertanian. Produk-produk makanan yang dihasilkan dari OHMG, seperti tanaman pertanian, hewan, atau mikroorganisme, disebut makanan hasil modifikasi genetik OHMG lebih banyak dilakukan pada tanaman pertanian contohnya, jagung tahan lama, kedelai tahan herbisida, kentang tahan virus, padi dengan zat dan vitamin yang ditingkatkan (golden rice), gandum dengan protein yang tinggi bagi ternak, dan banyak hasil pertanian lainnya. Perkembangan selanjutnya dari penerapan bioteknologi modern semakin beraneka ragam sekarang, para ilmuwan dapat membuat makanan yang mengandung obat, pisang yang menghasilkan vaksin hepatitis B, ikan yang lebih cepat dewasa, dan tanaman buah yang berbuah lebih cepat.

Pada tahun 1979, di Cornell University, New York, para ilmuwan memulai penelitian pertama mengenai recombinant bovine somatotropin (rBST) yaitu hormone pertumbuhan sintetik untuk sapi. Hormon ini disuntikkan ke sapi perah untuk meningkatkan produksi susu. Pada tahun 1980-an, para peneliti di Amerika Serikat (Perusahaan Monsanto), Jerman Barat (Max Planck Institute), dan Belgia menemukan metode untuk menciptakan tanaman transgenik dengan

menggunakan bakteri patogen, *Agrobacterium tumefaciens* (Zambrynski et al., 1983). Para peneliti memasukkan gen baru ke dalam tanaman dengan bantuan bakteri dan juga memperkenalkan gen resistensi kanamycin untuk memilih transformasi sel. Teknik ini menjadi berguna dan telah digunakan untuk memperkenalkan sifat – sifat lainnya ke tanaman termasuk sifat pematangan lambat tomat.

Ciri-ciri bioteknologi modern; steril, produksi dalam jumlah banyak (massal), kualitas standar dan terjamin. Selain itu, bioteknologi modern tidak terlepas dengan aplikasi metode-metode mutakhir bioteknologi (current methods of biotechnology) seperti:

- a. **Kultur jaringan** merupakan suatu metode untuk memperbanyak jaringan/sel yang berasal atau yang didapat dari jaringan orisinal tumbuhan atau hewan setelah terlebih dahulu mengalami pemisahan (disagregasi) secara mekanis, atau kimiawi (enzimatis) secara in vitro (dalam tabung kaca).
- b. **Teknologi DNA rekombinan** (recombinant DNA technology) adalah suatu metode untuk merekayasa genetik dengan cara menyisipkan (insert) gena yang dikehendaki ke dalam suatu organisme. Transgenik adalah suatu metode untuk. Rekayasa protein (*protein engineering*).
- c. **Hibridoma** adalah suatu metode untuk menggabungkan dua macam sel eukariot dengan tujuan mendapatkan sel hibrid yang memiliki kemampuan kedua sel induknya.
- d. **Kloning** adalah suatu metode untuk menghasilkan keturunan yang dikehendaki sama persis dengan induknya.
- e. **Polymerase chains reaction (PCR)** merupakan metode yang sangat sensitif untuk mendeteksi dan menganalisis sekuen asam nukleat. RT-PCR untuk memperbanyak (amplifikasi) rantai RNA menjadi DNA; tissue/cells → *extracted* → RNA/mRNA → rT-PCR → copy DNA (cDNA).
- f. **Hibridisasi DNA** adalah metode untuk menyeleksi sekuen DNA dengan menggunakan probes DNA untuk hibridisasi (pencangkakan) rantai DNA.

g.

B. Produk Bioteknologi Modern

Bioteknologi Modern adalah pemanfaatan organisme dalam tingkat seluler atau molekuler untuk menghasilkan barang dan jasa dalam skala industri. Bioteknologi Modern dilakukan dengan menggunakan prinsip-prinsip ilmiah berdasarkan pengkajian yang mendalam. Dapat di produksi secara masal, misalnya produk bir, roti, dan kecap. Contoh : kultur jaringan dan rekayasa genetika.

1. Kultur jaringan

Kultur jaringan merupakan teknik perbanyakan tanaman secara vegetatif buatan yang di dasarkan pada sifat totipotensi tumbuhan.

2. Rekayasa Genetika

Rekayasa Genetika adalah kegiatan manipulasi gen untuk mendapat produk baru dengan cara membuat DNA rekombinan (DNA yang urutannya telah di rekomendasikan sesuai keinginan) melalui penyisipan gen dengan plasmid sebagai vektornya. Agar DNA sesuai dengan keinginan maka harus dipotong terlebih dahulu dengan enzim restriksi. Potongan-potongan DNA disambung kembali dengan enzim ligase. Rekayasa genetika dapat dilakukan melalui teknik plasmid, teknik hibridoma/fusi protoplasma terapi genetik, kloning. Berikut ini merupakan beberapa contoh produk bioteknologi.

a. Bioteknologi Pengolahan Bahan Pangan

✓ **Pengolahan bahan makanan melalui fermentasi**

Contohnya pembuatan anggur, wine, dan sake. Mikroorganisme yang berperan adalah Jamur *Aspergillus* (mengubah pati menjadi glukosa), jamur *Saccharomyces* (mengubah glukosa menjadi etanol), bakteri *Acetobakter* (mengubah etanol menjadi asam cuka) dan bakteri *Methanobacterium* (mengubah asam cuka menjadi metanol).

✓ **Protein sel tunggal (PST)**

Protein Sel Tunggal (PST) merupakan sel kering atau biomassa mikroorganisme seperti khamir, bakteri, dan ganggang yang dapat digunakan sebagai sumber protein untuk pangan dan pakan. dapat dibuat dari alga *Chlorella*, *Spirulina*, dan *Scenedesmus*. PST dari kapang berfilamen *Fusarium gramineum* disebut mikoprotein. Sel-sel mikroba ini juga mengandung karbohidrat, lemak, vitamin, dan mineral. Dibandingkan dengan

produk nabati pada umumnya kandungan protein dalam PST adalah tinggi, kandungan protein kasar dari PST sekitar 50-73% tergantung dari mikroorganismenya yang digunakan (Tabel 1)

Tabel . Komposisi kandungan Nutrisi Protein Sel Tunggal

Composition	Fungi	Algae	Yeast	Bacteria
Protein	30-45	40-60	45-55	50-65
Fat	2-8	7-20	2-6	1-3
Ash	9-14	8-10	5-10	3-7
Nucleic acid	7-10	3-8	6-12	8-12

Bakteri, ragi, algae dan jamur dapat digunakan untuk produksi PST. Pemilihan mikroorganismenya ini akan tergantung pada bahan dasar yang digunakan. Kultur untuk produksi PST akan memberikan hasil yang baik apabila seleksi kultur ini telah dilakukan dalam lingkungan dan dalam kondisi yang telah direncanakan, dengan demikian akan lebih mudah apabila digunakan mikroorganismenya yang dapat tumbuh baik pada medium tertentu dari pada digunakan dari biakan mumi (Tabel 2)

Tabel 2. Mikroorganismenya dan substrat yang digunakan untuk produksi PST

Microorganism	Substrate
Bacteria	
<i>Aeromonas hydrophilla</i>	Lactose
<i>Acromobacter delvaccate</i>	n-Alkanes
<i>Acinetobacter calcoaercenticus</i>	Ethanol
<i>Bacillus megaterium</i>	Non-protein nitrogenous compounds
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Cellulomonas sp.</i> , <i>Flavobacterium sp.</i> , <i>Thermomonospora fusca</i>	Cellulose, Hemicellulose
<i>Lactobacillus sp.</i>	Glucose, Amylose, Maltose
<i>Methylomonas methylotrophus</i> , <i>M. clara</i>	Methanol
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Uric acid and other non-protein nitrogenous compounds
<i>Rhodospseudomonas capsulata</i>	Glucose
Fungi	
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Maltose, Glucose
<i>Aspergillus niger</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>Cephalosporium eichhorniae</i> , <i>Chaetomium cellulolyticum</i>	Cellulose, Hemicellulose
<i>Penicillium cyclopium</i>	Glucose, Lactose, Galactose
<i>Rhizopus chinensis</i>	Glucose, Maltose
<i>Scytalidium acidophilum</i> , <i>Thricoderma viridae</i> , <i>Thricoderma alba</i>	Cellulose, pentose
Yeast	
<i>Amoco torula</i>	Ethanol
<i>Candida tropicalis</i>	Maltose, Glucose
<i>Candida utilis</i>	Glucose
<i>Candida novellas</i>	n-alkanes
<i>Candida intermedia</i>	Lactose
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Lactose, pentose, maltose
Algae	
<i>Chlorella pyrenoidosa</i> , <i>Chlorella sorokiana</i> , <i>Chondrus crispus</i> , <i>Scenedesmus sp.</i> , <i>Spirulina sp.</i> , <i>Porphyrium sp.</i>	Carbone dioxide through photosynthesis



Gambar 1. Flowsheet Sederhana Pembuatan Protein Sel Tunggal

Syarat-syarat mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai produsen PST adalah sebagai berikut:

- Tidak patogen dan tidak mengandung hasil metabolisme yang toksis,
- Adaptasi terhadap lingkungan stabil
- Waktu regenerasinya sudah tetap dan relatif pendek
- Kandungan proteinnya tinggi.

Menurut pertumbuhan mikroba dalam pembuatan PST dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

- Air . Semua mikroba membutuhkan air dalam pertumbuhannya.
- Nutrisi. Nutrisi atau zat makanan yang diperlukan mikroba untuk berkembang biak terbagi menjadi makanan bagi energi, makanan bagi pertumbuhan dan makanan tambahan.
- Konsentrasi ion H^+ (pH) Beberapa macam mikroba dapat tumbuh dalam lingkungan tertentu.
- Kebutuhan oksigen Kebanyakan kapang bersifat aerobik yaitu membutuhkan O_2 untuk pertumbuhannya.
- Suhu. Setiap mikroorganisme hidup pada lingkungan tertentu

b. Bioteknologi Pertanian

- Tanaman Transgenik ialah tanaman yang telah di sisipi gen bakteri. Bakteri *Bacillus thuringiensis* dapat menghasilkan endotoksin yang dapat meracuni serangga penyerang tanaman. Contoh : tanaman kapas Bt.
- Tanaman yang dapat memfiksasi Nitrogen Tanaman yang tidak memiliki simbiosis dengan bakteri di akar-akarnya untuk memfiksasi nitrogen disisipi

gen nif yang dapat mengontrol fiksasi nitrogen. Nitrogen (N₂) merupakan unsur esensial dari protein DNA dan RNA. Pada tumbuhan polong-polongan sering ditemukan nodul pada akarnya. Di dalam nodul tersebut terdapat bakteri Rhizobium yang dapat mengikat nitrogen bebas dari udara, sehingga tumbuhan polong-polongan dapat mencukupi kebutuhan nitrogennya sendiri.

c. Bioteknologi Peternakan

Bioteknologi dalam bidang peternakan telah menghasilkan hormon bovin somatotropin (BST) yaitu hormon pertumbuhan hewan. Hormon BST yang diinjeksikan pada ternak dapat mendorong pertumbuhan sehingga ukurannya dapat mencapai 2 kali lipat. Selain itu, BST dapat meningkatkan produksi susu sapi.

d. Bioteknologi dalam bidang Kesehatan

1) Pembuatan antibodi monoklonal

Antibodi monoklonal adalah antibodi yang diperoleh dari suatu sumber sel tunggal. Manfaat antibodi monoklonal, antara lain:

- a) untuk mendeteksi kandungan hormon korionik gonadotropin dalam urine wanita hamil;
- b) mengikat racun dan menonaktifkannya;
- c) mencegah penolakan tubuh terhadap hasil transplantasi jaringan lain.

2) Pembuatan vaksin

Vaksin digunakan untuk mencegah serangan penyakit terhadap tubuh yang berasal dari mikroorganisme. Vaksin didapat dari virus dan bakteri yang telah dilemahkan atau racun yang diambil dari mikroorganisme tersebut.

3) Pembuatan antibiotika

Antibiotika adalah suatu zat yang dihasilkan oleh organisme tertentu dan berfungsi untuk menghambat pertumbuhan organisme lain yang ada di sekitarnya. Antibiotika dapat diperoleh dari jamur atau bakteri yang diproses dengan cara tertentu. Zat antibiotika telah mulai diproduksi secara besar-besaran pada Perang Dunia II oleh para ahli dari Amerika Serikat dan Inggris.

4) Pembuatan hormon

Dengan rekayasa DNA, dewasa ini telah digunakan mikroorganisme untuk memproduksi hormon. Hormon-hormon yang telah diproduksi, misalnya insulin, hormon pertumbuhan, kortison, dan testosteron

e. Bioteknologi dalam bidang pertambangan

Bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* di manfaatkan untuk melepaskan tembaga dari bijihnya. Bakteri ini juga dapat digunakan untuk mengekstrak mineral dan bijih yang berkadar rendah.

f. Bioteknologi bahan bakar alternatif

Ada dua jenis bahan bakar yang di produksi dari fermentasi limbah, yaitu gasohol dan biogas (metana). Gasohol dihasilkan dari fermentasi khamir pada gula tebu. Gasohol bersifat murah, dapat diperbaharui, dan tidak menimbulkan polusi. Biogas merupakan gas yang berasal dari hasil fermentasi bahan-bahan organik (seperti limbah dapur, kotoran hewan, dan sisa-sisa pertanian) oleh bakteri, yaitu :

1. Bakteri fermentatif (*Streptococci*, *Bacterioides*).
2. Bakteri asetogenik (*Kethanobacillus*, *Desulfovibro*)
3. Bakteri metani (*Methanobacterium*, *Methnobacillus*, *Methanococcus*).

F. Evaluasi Belajar

a. Rangkuman

Proses Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, para ahli telah mulai lagi mengembangkan bioteknologi dengan memanfaatkan prinsip-prinsip ilmiah melalui penelitian. Dalam bioteknologi modern orang berupaya dapat menghasilkan produk secara efektif dan efisien. Dewasa ini, bioteknologi tidak hanya dimanfaatkan dalam industri makanan tetapi telah mencakup berbagai bidang, seperti rekayasa genetika, penanganan polusi, penciptaan sumber energi, dan sebagainya

b. Latihan.

1. Jelaskan Pengertian tentang Bioteknologi pangan Moderen
2. Sebutkan Metode – Metode Bioteknologi Pangan moderen
3. Jelaskan Produk yang dihasilkan dari Bioteknologi pangan Moderen
4. Jelaskan pemanfaatan bioteknologi moderen dalam bidang lain

G. Daftar Pustaka

Primrose, S.B. (1987). *Modern Biotechnology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Nurchahyo H. 2011. Diktat Bioteknologi. Jurusan Pendidikan Biologi. Universitas Negeri Yogyakarta

Syarwani, Much. 2007. Pembuatan Protein Sel Tunggal dari Aspergillus Oryzae yang diperkaya Ca dan P. Jurnal Politeknik Negeri Malang. Malang

Yuwono T. 2005. Bioteknologi Pertanian. UGM Press. Yogyakarta



BAB IV. BIOTEKNOLOGI MODERN PADA TANAMAN PANGAN

A. Pengantar

Hampir tidak ada produk makanan di supermarket yang tidak dihasilkan dari hasil kemajuan perkembangbiakan tanaman. Teknologi modern yang telah dilakukan untuk tanaman atau hewan pangan yaitu dengan rekayasa genetik. Bentuk rekayasa genetik telah dipraktekkan oleh petani dengan pembibitan silang tanaman dan hewan untuk meningkatkan atribut tertentu, melalui pengumpulan dan penanaman benih biji-bijian yang lebih gemuk, pemilihan hewan yang lebih gemuk untuk dikembangbiakan dan pemupukan silang tanaman untuk menciptakan varietas baru yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan dari tanaman induk. Penyilangan dalam pembibitan tanaman secara tradisional bersifat acak dan tidak pasti, serta membutuhkan waktu 20 tahun untuk menghasilkan varietas baru yang komersial. Dengan metode ini, petani atau peternak hanya dapat menyilangkan tanaman dengan tanaman kerabat dekatnya.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam pemahaman tentang penerapan bioteknologi moderen pada tanaman pangan

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Menjelaskan penerapan bioteknologi dalam pengembangan tanaman pangan
2. Menjelaskan produk yang dihasilkan dari penerapan bioteknologi pangan daam bidang pertanian.

D. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen

E. Materi

A. Pendahuluan

Makanan hasil rekayasa genetika pertama kali muncul di pasaran pada tahun 1960. Pada tahun 1967, ditemukan varietas kentang baru yang disebut Lenape dengan kandungan padatan yang tinggi dan dimanfaatkan untuk pembuatan kripik kentang. Setelah dua tahun, ditemukan dalam varietas kentang baru ini terdapat racun Solanin. Akibatnya, kentang ini ditarik dari pasar oleh USDA. Adanya racun di dalam kentang ini menunjukkan bahwa perubahan rekayasa genetik tanaman atau hewan memiliki kemungkinan efek yang tidak terduga. Meskipun demikian, pemuliaan tanaman memiliki catatan keamanan yang baik dan telah berhasil menghilangkan unsur – unsur beracun di beberapa makanan.

Tahun 1983 sampai 1989 terjadi perkembangan lebih canggih pada teknik rekombinan DNA yang memungkinkan transformasi genetik tanaman dan hewan. Selama periode ini, pemerintah Amerika Serikat memberikan persetujuan penggunaan rBST pada sapi perah. Pemerintah Amerika Serikat juga memberikan kerangka untuk mengatur bioteknologi pada tiga lembaga yaitu Food and Drug Administration (FDA), US Department of Agriculture (USDA), dan Environmental Protection Agency (EPA).

Pada awalnya telah dicoba dan berhasil mengembang-biakan tanaman secara vegetatif dari berbagai bagian tanaman selain dari biji seperti; batang, pucuk, daun, dan akar. Realitas itu kemudian memunculkan ide untuk memperbanyak tanaman dengan menggunakan metode kultur jaringan/sel tumbuhan (plant tissue/cell culture). Kultur jaringan merupakan suatu metode untuk memperbanyak jaringan/sel yang berasal atau yang didapat dari jaringan orisinal tanaman secara vegetatif dalam medium secara in vitro (dalam tabung kaca).

Menurut teori sel yang dikemukakan oleh Schleiden dan Schwann bahwa sel tumbuhan memiliki sifat autonom dan totipotensi. Autonom berarti dapat mengatur rumah tangganya sendiri; metabolisme, tumbuh dan berkembang secara independen. Totipotensi berarti memiliki kemampuan beregenerasi menjadi tanaman lengkap. Hal ini merupakan salah satu pembeda sel tumbuhan dengan sel hewan. Selain itu, pada lingkungan yang sesuai, akan tumbuh dan berkembang menjadi tanaman baru yang sempurna.

Prinsip Dasar

1. Kultur Jaringan

Kultur jaringan merupakan pengembangan dari teori sel, yaitu dengan menumbuhkan sel atau sekumpulan sel (jaringan) pada medium yang mengandung zat hara yang sesuai dengan kebutuhan sel atau jaringan tanaman. Jaringan yang ditumbuhkan pada medium padat akan membentuk kalus, yaitu massa atau kumpulan sel yang tidak beraturan. Kalus yang terbentuk dicacah menjadi bagian kecil-kecil kemudian dipindahkan ke medium baru, dengan susunan hara yang tepat supaya kalus dapat tumbuh menjadi tunas dan tanaman baru yang sempurna.

Beberapa prinsip dasar yang harus diperhatikan dan dipenuhi dalam rangka mendapatkan kultur jaringan/sel tanaman yang bersih dan tumbuh dengan baik antara lain:

- ✓ Prinsip sterilitas yang meliputi peralatan dan medium harus aseptik dan steril,
- ✓ Prinsip ketersediaan nutrisi; medium harus menyediakan semua nutrisi yang diperlukan oleh sel tanaman dalam jumlah yang cukup dan seimbang.
- ✓ Konservasi sel.

Oleh karena itu, penguasaan pengetahuan dasar merupakan syarat pokok dan keterampilan seseorang sangat menunjang kesuksesan di dalam melakukan kultur sel tanaman. Penanganan kultur sel tanaman hendaknya dijalankan dalam kondisi benar-benar aseptik, karena sel/jaringan hewan tumbuh dan berkembang lebih lambat dari kontaminan umum seperti bakteri, yeast (jamur), dan mycoplasma. Tahapan Kultur Tanaman

1. Preparasi medium kultur
2. Penanaman dalam kultur
3. Organogenesis
4. Amplifikasi anakan
5. Penanaman dalam tanah

Preparasi Media Kultur Jaringan

Tanaman Syarat suatu medium kultur jaringan tanaman adalah harus mengandung zat-zat anorganik yang terdiri dari unsur-unsur hara makro dan mikro, asam amino, gula-gula, vitamin dan hormon. Asam amino esensial seperti glutamin, serin dan zat pengatur pertumbuhan sitokinin. Salah satu jenis medium yang paling banyak digunakan adalah medium dasar Murashige dan Skoog

(medium MS). Medium MS mengandung garam mineral yang tinggi dan senyawa N dalam bentuk NO_3 dan NH_4^+

Mikronutrien

$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$: 2230 mg
$\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: 860 mg
H_3BO_3	: 620 mg
KI	: 83 mg
$\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: 25 mg
$\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: 2,5 mg
$\text{COCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: 2,5 mg

Vitamin

Glycine	100 mg
Nicotinic acid	25 mg
Pyridoxine-HCl	25 mg
Thiamin HCl	5 mg

Hormon

IAA mg/100 mL
NAA mg/100 mL
2,4-D mg/100 mL
IBA mg/100 mL

Makronutrien

NH_4NO_3	1650 mg
KNO_3	1900 mg
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	440 mg
$\text{MgSO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	370 mg
KH_2PO_3	170 mg

Teknik Kultur Sel Tanaman

Ada beberapa metode kultur sel tanaman. Prosedur kultur untuk masing-masing jenis tanaman berbeda, tetapi secara prinsip hampir sama. Hal ini karena karakter jaringannya berbeda. Untuk daun tembakau penyeterilan dengan menggunakan larutan Clorox.

Kultur sel embrional dan endosperm

Benih terdiri dari embrio dan endosperm. Embrio dapat tumbuh dan berkembang antara lain karena adanya nutrisi yang disediakan oleh endosperm. Hasil percobaan Laibach (1925-1928) telah dibuktikan bahwa embrio tanaman dapat

ditumbuhkan. Embrio dapat tumbuh apabila terdapat nutrisi yang cukup untuk mendukung pertumbuhannya.

Kultur Somatik Embriogenesis

Metode kultur somatik embriogenesis bertujuan memperoleh tanaman secara vegetatif yang memiliki sifat sama dengan induknya. Ada dua cara yaitu:

1. Organ langsung ditanam (eksplan)

Eksplan (explant) adalah suatu bagian kecil dari tanaman (sel, jaringan, atau organ) yang digunakan untuk memulai suatu kultur. Eksplan yang digunakan untuk kultur jaringan harus yang masih muda (primordia), sel-selnya masih bersifat meristematis dan belum mengalami proses diferensiasi seperti; sel-sel mesofil dan stomata pada daun, kambium, korteks dsb

2. Induksi kalus terlebih dahulu kemudian kalus ditanam.

Eksplan ketika dihadapkan pada kondisi stress, yang akan mengubah pola metabolisme, sel akan memulai siklus sel baru, selanjutnya akan tumbuh dan berkembang di dalam kultur. Sel tumbuhan akan mengalami proliferasi menjadi kalus jaringan yang tak terkordinasi. Kultur kalus sangat tergantung pada keberadaan sitokinin dan auksin. Peningkatan sitokinin pada kalus akan merangsang pembentukan pucuk. Sedangkan auksin akan merangsang pembentukan akar. Akhirnya anakan tanaman muncul melalui perkembangan akar liar dari kuncup yang terbentuk. Pertumbuhan akar dari kuncup jaringan kalus dikenal sebagai organogenesis

Fase Pertumbuhan Kultur Sel Tanaman

1. Fase tenang
2. Fase eksponensial
3. Fase seimbang

Overplanting adalah pemindahan bibit tanaman dari dalam botol kultur ke botol lain yang mengandung media baru yang komposisinya sama dan bibit yang ditanam lebih sedikit jumlahnya. Adapun maksud overplanting adalah untuk menjaga agar pH tetap stabil dan nutrisi yang tersedia cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

Kelebihan dan Kekurangan Kultur Sel Tanaman

Kultur jaringan/sel tanaaman (in vitro) memiliki beberapa kelebihan dan keuntungan dibanding dengan menggunakan cara perbanyakan secara alami antara lain sebagai berikut:

- a. Pengambilan kesimpulan relatif lebih mudah dengan menggunakan populasi sel yang homogen.
- b. Kultur sel primer tetap memiliki integritas morfologi dan biokimiawi dalam
- c. jangka waktu lama, dengan demikian memungkinkan melakukan penelitian ulang (reproducible) dan terkontrol.

Pemanfaatan Kultur Sel Tanaman dalam Bioteknologi

Semakin berkembangnya dukungan dan penguasaan teknologi laboratorium sangat memungkinkan membuat kultur sel primer dari berbagai jenis sel tanaman maupun manusia. Perkembangan kultur jaringan sebagai teknik baru dalam bidang biologi mempunyai kaitan erat dengan perkembangan bioteknologi. Penerapan kultur jaringan dalam bidang industri (bioteknologi) antara lain:

1. Produksi tanaman bebas virus.
2. Produksi zat-zat alkaloid untuk industri farmasi seperti; alkaloid, glikosida jantung, anti tumor kodeina.

Kultur jaringan tanaman Jaringan tanaman seperti ujung akar dan kambium relatif mudah ditanam secara aseptis dalam kultur buatan. Ada empat tahap daurnya :

1. penanaman dalam kultur
2. organogenesis
3. amplifikasi anakan
4. penanaman dalam tanah

Penerapan kultur jaringan tanaman pada bioteknologi membutuhkan penguasaan teknik kultur sel berskala besar.

TOTIPOTEN Manfaat kultur jaringan tumbuhan:

- Penyimpanan jangka panjang plasma nutfah, sehingga memberikan bahan genetik yang stabil, mengurangi ruang simpan dan menurunkan biaya pemeliharaan.
- Menghasilkan bermacam-macam produk farmasi, zat pewarna, dan peningkat citarasa.

2. Rekayasa Genetika Tanaman

Rekayasa genetika tanaman melibatkan serangkaian proses Teknologi DNA Rekombinan (TDR) sbb:

1. Isolasi dan pengklonan gen target
2. Modifikasi klon:
 - penambahan beberapa segmen DNA untuk inisiasi dan peningkatan ekspresi gen
 - Penambahan penanda seleksi (selectable markers)
3. Introduksi DNA rekombinan pada sel tanaman
4. Seleksi sel/jaringan transforman
5. Regenerasi sel/jaringan menjadi tanaman utuh (modifikasi teknologi kultur jaringan)

Metoda untuk transformasi DNA ke dalam sel tanaman

Biologi

- Agrobacterium
- Bakteri lain
- Virus

Fisik

- Particle bombardment
- Electroforasi
- Silicon carbide whiskers
- Carbon nanofibers

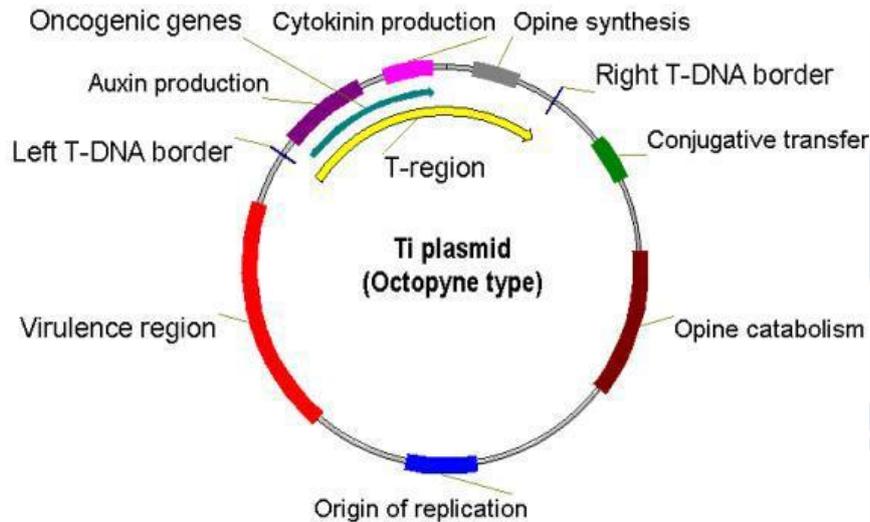
Metoda introduksi DNA dengan potensi alami Agrobacterium tumefaciens

Agrobacterium tumefaciens:

- Bakteri gram negatif
- Secara alamiah memiliki kemampuan untuk melakukan transformasi genetik pada tanaman
- Memiliki plasmid Ti (tumor inducing plasmid)

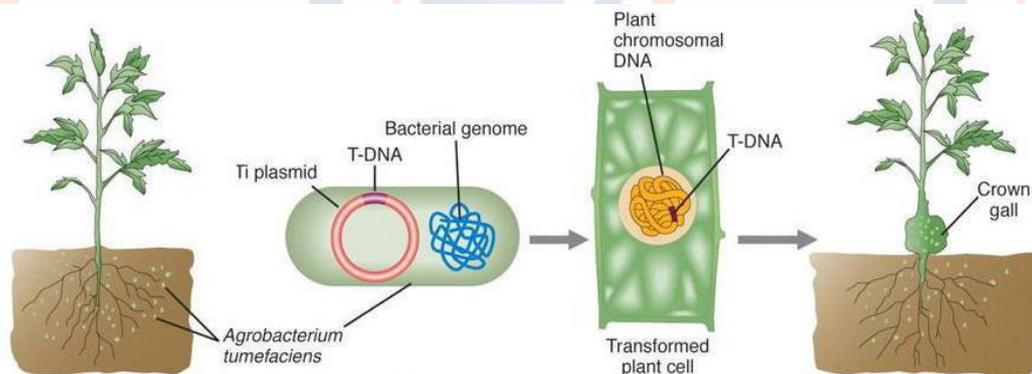
Plasmid Ti (Tumor inducing plasmid) yang mengandung:

- T-DNA (bagian dari plasmid Ti yang di transfer ke genom tanaman) mengandung gen-gen: *iaaM/tms1*, *iaaH/tms2*, *tmr/ipt*, *opine*, *right border*, *left border*
- gen vir (virulensi)
- katabolisme opine (sumber energi *A. tumefaciens*)



Gambar 2 Peta Plamid Ti

Potensi alami *Agrobacterium tumefaciens* melakukan transformasi genetik pada sel tanaman (daerah pangkal batang) mengakibatkan terjadinya tumor “crown gall” pada tanaman yang terinfeksi.



Gambar .Proses Transformasi plasmidTi pada sel Tanaman

Meskipun plasmid Ti efektif untuk dijadikan vektor alami dalam rekayasa genetika tetapi plasmid tersebut memiliki beberapa kelemahan, yaitu:

- ✓ Produksi phytohormon (auksin dan sitokinin) pada sel transforman mengakibatkan sel terus membelah (regenerasi sel tidak mengarah pada diferensiasi menjadi individu baru/ tanaman utuh), sehingga gen-gen auksin dan sitokinin harus dihilangkan.
- ✓ Gen pengkode sintesis opine tidak berguna bagi tanaman transgenik dan mungkin justru akan menurunkan produktivitas tanaman transgenik sehingga gen ini perlu dihilangkan.

- ✓ Sebagai vektor kloning, sebaiknya plasmid dalam ukuran yang tidak terlalu besar sehingga gen-gen lain dalam plasmid Ti yang tidak penting harus dihilangkan
- ✓ Replikasi plasmid akan lebih mudah bila dilakukan dalam sel bakteri *E. coli* sehingga perlu ditambahkan ori dari *E. coli*

Untuk aplikasinya dalam produksi tanaman transgenik (sebagai vektor kloning), plasmid Ti secara umum memiliki komponen:

- ✓ Gen penanda seleksi (selectable marker gene): gen-gen resistensi terhadap antibiotik (kanamycin, ampicilin, tetracyclin), gen gus, dll
- ✓ Ori *E. coli*
- ✓ Sekuen 'right border' dari T-DNA: penting untuk integrasi T-DNA pada DNA sel tanaman
- ✓ *Multiple Cloning Site* (MCS) untuk memfasilitasi insersi DNA target pada T-DNA

Tanaman-tanaman pangan transgenik yang sudah dikembangkan :

1. Insect Resistance Plant (tanaman tahan hama) - *Bt toxin gene*
2. Virus-Resistant Plants (tanaman tahan virus) - vaksinasi dengan viral coat protein gene - RNA antisense yang mengarah pada „gene silencing“
3. Herbicide-Resistant Plants (tanaman tahan herbisida) - gen nitrilase
4. *Stress and Senescence-Tolerant Plants* (tanaman toleran terhadap stress dan senesens (penuaan) - gen ACC deaminase
5. Flower Pigmentation
6. Plant as Bioreactors

Potensi Risiko Produk Bioteknologi Tanaman Pangan

Menurut Phillips (1994), materi genetik yang baru terkadang tidak berhasil dipindahkan ke sel target, atau mungkin dipindahkan ke tempat yang salah pada rantai DNA dari organisme sasaran, atau gen baru kemungkinan secara tidak sengaja mengaktifkan gen didekatnya yang biasanya tidak aktif, atau mungkin mengubah atau menghambat fungsi gen yang lain dan menyebabkan mutasi yang tidak terduga sehingga membuat tanaman yang dihasilkan beracun, tidak subur

dan tidak layak. Berikut ini beberapa potensi risiko atau permasalahan yang mungkin terjadi :

1. Perubahan kualitas gizi makanan
2. Resistensi antibiotik
3. Potensi racun dari makanan rekayasa genetik
4. Potensi alergi dari makanan rekayasa genetik
5. Transfer gen yang tidak disengaja pada tanaman liar
6. Kemungkinan pembentukan virus dan racun baru
7. Keterbatasan akses terhadap benih dengan adanya paten dari tanaman hasil rekayasa genetik
8. Ancaman terhadap keragaman genetik tanaman
9. Kekhawatiran agama/budaya/etika
10. Kekhawatiran karena tidak ada pelabelan pada makanan rekayasa genetik

F. Evaluasi Belajar

a. Rangkuman

Bioteknologi pangan Modern Rekayasa genetik memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas, nilai nutrisi dan jenis makanan yang tersedia dan meningkatkan efisiensi produksi makanan, distribusi makanan dan pengolahan limbah. Gen yang dimasukkan ke tanaman dapat memberikan pertahanan biologis terhadap penyakit dan hama, sehingga mengurangi kebutuhan pestisida kimia yang mahal, dan memberikan sifat pada tanaman yaitu tahan kekeringan, pH, salju dan kondisi garam. Penggunaan benih tahan herbisida memungkinkan petani untuk selektif dalam memberantas gulma dengan herbisida, tanpa merusak tanaman pertanian. Penerimaan masyarakat terhadap makanan hasil rekayasa genetik dipengaruhi oleh dua hal yaitu, integrasi proses bioteknologi dan kebijakan atau peraturan terhadap makanan rekayasa genetik yang dikeluarkan oleh pemerintah. Risiko produksi dan konsumsi dari makanan rekayasa genetik baru harus dipertimbangkan terhadap manfaat yang bisa didapatkan, ketika manfaatnya lebih besar maka jenis makanan ini harus dikembangkan lebih lanjut.

b. Latihan

1. Jelaskan tentang peran bioteknologi moderen dalam bidang tanaman pangan
2. Sebutkan pengertian tentang kultur jaringan?
3. Jelaskan metode yang digunakan dalam kultur somatik embriogenesis?
4. Jelaskan pengertian rekayasa genetika dan proses dalam teknologi DNA rekombinan

c. Tugas

Presentasi Makalah Tentang Bioteknologi modern dan Konvensional

G. Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Tugas diselesaikan sebelum batas akhir pengumpulan tugas

H. Daftar Pustaka

Primrose, S.B. (1987). *Modern Biotechnology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Pramasinta Alice, Riska L, Hadiyanto. 2014. *Bioteknologi Pangan: Sejarah, Manfaat dan Potensi Risiko*. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan.

Nurchayyo H. 2011. *Diktat Bioteknologi*. Jurusan Pendidikan Biologi. Universitas Negeri Yogyakarta

Syarwani, Much. 2007. *Pembuatan Protein Sel Tunggal dari Aspergillus Oryzae yang diperkaya Ca dan P*. Jurnal Politeknik Negeri Malang. Malang

Yuwono T. 2005. *Bioteknologi Pertanian*. UGM Press. Yogyakarta

BAB V. BIOTEKNOLOGI MODERN PADA HEWAN PANGAN

A. Pengantar

Bioteknologi modern pada hewan pangan atau Rekayasa genetika adalah gambaran dari bioteknologi yang di dalamnya meliputi manipulasi gen, kloning gen, DNA rekombinan, teknologi modifikasi genetik, dan genetika modern dengan menggunakan prosedur identifikasi, replikasi, modifikasi dan transfer materi genetik dari sel, jaringan, maupun organ. Sebagian besar teknik yang dilakukan adalah memanipulasi langsung DNA dengan orientasi pada ekspresi gen tertentu. Dalam skala yang lebih luas, rekayasa genetika melibatkan penanda atau marker yang sering disebut sebagai Marker-Assisted Selection (MAS) yang bertujuan meningkatkan efisiensi suatu organisme berdasarkan informasi fenotipnya. Salah satu dari aplikasi rekayasa genetika berupa manipulasi genom hewan. Hewan yang sering digunakan menjadi uji coba adalah mamalia. Mamalia memiliki ukuran genom yang lebih besar dan kompleks dibandingkan dengan virus, bakteri, dan tanaman. Sebagai konsekuensinya, untuk memodifikasi genetik dari hewan mamalia harus menggunakan teknik genetika molekular dan teknologi rekombinasi DNA yang memiliki tingkat kerumitan yang kompleks dan mahalnya biaya yang diperlukan dalam penelitian.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam mengetahui dan memahami tentang peranan Bioteknologi modern dalam pengembangan hewan pangan

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Menjelaskan pengertian Kultur sel hewan
2. Menjelaskan Prinsip dasar kultur sel hewan
3. Peranan bioteknologi dalam pengembangan hewan transgenik

D. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen

E. Materi

A. Pendahuluan

Tahun 1983 sampai 1989 terjadi perkembangan lebih canggih pada teknik rekombinan DNA yang memungkinkan transformasi genetik tanaman dan hewan. Selama periode ini, pemerintah Amerika Serikat memberikan persetujuan penggunaan rBST pada sapi perah. Pemerintah Amerika Serikat juga memberikan kerangka untuk mengatur bioteknologi pada tiga lembaga yaitu Food and Drug Administration (FDA), US Department of Agriculture (USDA), dan Environmental Protection Agency (EPA)

Pada tahun 1990-an, makanan hasil rekayasa genetik pertama kali tersedia untuk masyarakat umum. American Medical Association (AMA) dan National Institute of Health (NIH) secara independen menyimpulkan bahwa daging dan susu dari sapi yang diberi rBST sama amannya dengan sapi biasa. Setahun kemudian, American Pediatric Association juga menyetujui rBST. Pada tahun 1993, FDA memberikan persetujuan untuk penggunaan rBST pada sapi perah. Peneliti dari Universitas Cornell juga menghasilkan rPST (recombinant porcine somatotropin) yang digunakan pada babi untuk menghasilkan daging babi tanpa lemak. rPST juga mengurangi konsumsi pakan ternak tetapi meningkatkan produksi daging babi.

Pada tahun 1994, FDA akhirnya memberikan persetujuan untuk Calgene Corporation yaitu tomat Flavr Savr untuk dipasarkan. Kloning hewan ternak di Skotlandia dari sel janin dan embrio dan yang mengejutkan dari sel mamalia dewasa, penggunaan teknik 'gene gun' atau 'biolistic gun' (bukan menggunakan Agrobacterium) untuk menembak gen asing langsung ke kromosom dari beberapa tanaman, serta produksi tanaman yang memiliki resistensi terhadap herbisida dan hama oleh beberapa perusahaan penghasil benih adalah salah satu perkembangan terbaru di bidang ini. Teknologi rekayasa genetik merupakan teknologi yang masih baru sehingga terjadi pro dan kontra dalam pemanfaatan atau pemasaran produk ini.

B. Prinsip Dasar Bioteknologi Hewan

5. Kultur Sel Hewan

Istilah kultur jaringan/sel hewan (animal tissue/cell culture) merupakan metode untuk mempelajari tingkah laku atau sifat-sifat sel hewan dalam keadaan

fisiologis maupun dalam kondisi artifisial karena suatu perlakuan (treatment). Pada awalnya yang digunakan untuk kultur adalah jaringan sehingga kembangkan kultur jaringan menjadi istilah yang digunakan. Kultur jaringan (tissue culture) dalam arti luas menyangkut pengertian umum yang meliputi: kultur organ (organ culture), kultur jaringan (explant culture), dan kultur sel (cell culture). Padahal sebenarnya, batasan mengenai kultur organ adalah kultur dari organ utuh atau sebagian organ yang secara histologis seperti halnya in vivo. Sedangkan kultur jaringan dan/atau kultur sel merupakan kultur dispersi sel (sel yang telah dipisahkan) yang berasal atau yang didapat dari jaringan orisinal setelah terlebih dahulu mengalami pemisahan (disagregasi) secara mekanis, atau kimiawi (enzimatis).

Kultur sel yang didapat dari jaringan secara langsung disebut kultur sel primer, sedangkan kultur sel yang telah mengalami penanaman berulang-kali (passage) disebut kultur cell line atau sel strain. Kultur jaringan merupakan suatu metode untuk memperbanyak jaringan/sel yang berasal atau yang didapat dari jaringan orisinal tumbuhan atau hewan setelah terlebih dahulu mengalami pemisahan (disagregasi) secara mekanis, atau kimiawi (enzimatis) secara in vitro (dalam tabung kaca).

Salah satu contoh penelitian kultur sel hewan yaitu sel embrio ayam, Tahapan peneltian adalah sebagai berikut:

Prosedur kerja penelitian meliputi:

1. Menginkubasi telur ayam dalam inkubator selama 11 hari.
2. Menyiapkan alat dan bahan untuk kultur sel otot embrio ayam.
3. Membuat media kosong dan medium penumbuh
4. Melapisi multiwells plate 24 sumuran dengan kolagen
5. Melakukan kultur sel otot embrio ayam.
6. Menginkubasi kultur sel otot embrio ayam selama 7 hari
7. Mengganti medium penumbuh
8. Mengamati kondisi sel otot embrio ayan selama diinkubasi
9. Mewarnai sel dan menghitung jumlah sel otot embrio ayam pada waktu pemanenan sel.

Sel otot embrio ayam dapat tumbuh pada medium penumbuh karena sel tersebut mampu beradaptasi terhadap medium penumbuh dan memanfaatkan

nutrisi yang terkandung dalam medium tersebut. Nutrisi-nutrisi yang terkandung dalam medium penumbuh antara lain:

- a. MEM (Minimum Essential Medium) mengandung asam-asam amino esensial, vitamin dari kelompok vitamin B, dan garam-garam sebagai penentu osmolalitas yaitu Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , HCO_3^- .
- b) FBS (Fetal Bovine Serum) merupakan serum yang menjadi faktor yang mempengaruhi kondisi lingkungan sel dalam kultur sel. Serum mengandung hormon, protein, vitamin, glukosa, garam-garam mineral, faktor pertumbuhan dan faktor penghambat. Hormon dibutuhkan untuk pengambilan glukosa dan asam amino. Protein merupakan komponen besar dalam serum yang digunakan sebagai protein cadangan dan pentranspor bahan seperti mineral, asam lemak, dan hormon. Vitamin berperan membantu mempertahankan kegiatan-kegiatan normal suatu jaringan. Vitamin yang berperan langsung dalam proliferasi sel adalah vitamin B. Glukosa sangat diperlukan untuk proliferasi sel sebagai sumber energi. Mineral yang terkandung dalam serum antara lain Fe, Cu, Zn dan Se. Faktor pertumbuhan digunakan untuk memacu proliferasi sel, sementara faktor penghambat (inhibitor) berupa pencemaran sebelum filtrasi dan akibat pemanasan.
- c) Antibiotik yaitu penicillin-streptomycin dan fungisidone yang berfungsi untuk membunuh bakteri dan mikroorganisme serta jamur yang tidak diinginkan dalam medium penumbuh

Kelebihan dan Kekurangan Kultur Sel

Menurut Bedetti & Cantafora (1990), penggunaan kultur jaringan/sel (in vitro) memiliki beberapa kelebihan dan keuntungan dibanding dengan menggunakan hewan hidup (in vivo) antara lain sebagai berikut:

- ✓ Pengambilan kesimpulan relatif lebih mudah dengan menggunakan populasi sel yang homogen.
- ✓ Kultur sel primer tetap memiliki integritas morfologi dan biokimiawi dalam jangka waktu lama, dengan demikian memungkinkan melakukan penelitian ulang (reproducible) dan terkontrol.
- ✓ Kultur sel tidak terdapat pengaruh sistemik. Meskipun demikian penggunaan KSG memiliki beberapa kekurangan antara lain:

- a. Dalam kasus kultur sel telah mengalami perubahan sifat aslinya, maka hasil pengamatan yang diperoleh akan menyimpang.
- b. Tidak ada pengaruh sistemik dan kerjasama antar-sel yang berbeda dalam suatu jaringan yang kemungkinan memegang peran penting dalam aktivitas fisiologis

Prinsip Dasar

Penguasaan pengetahuan dasar merupakan syarat pokok dan keterampilan seseorang sangat menunjang kesuksesan di dalam memelihara kultur sel. Penanganan kultur sel hendaknya dijalankan dalam kondisi benar-benar aseptik, karena sel/jaringan hewan tumbuh dan berkembang lebih lambat dari kontaminan umum seperti bakteri, yeast (jamur), dan mycoplasma. Beberapa prinsip dasar yang harus diperhatikan dan dipenuhi dalam rangka mendapatkan kultur jaringan/sel yang bersih dan tumbuh dengan baik antara lain: medium harus aseptik dan steril, medium harus menyediakan semua nutrisi yang diperlukan oleh sel, medium harus memelihara pH 7.0 – 7.4, dan preservasi sel.

1. Medium harus aseptik dan steril

Kultur sel sebaiknya dilakukan di dalam ruangan tersendiri yang dilengkapi dengan laminar air flow hoods, incubator, dan mikroskop. Tempat tersebut sebaiknya juga berdekatan dengan ruang penyimpanan bahan untuk kultur jaringan, ruang persiapan, dan pencucian. Ruangan laboratorium perlu dibersihkan secara rutin. Meskipun ada petugas kebersihan laboratorium, seseorang yang bekerja dengan kultur sel juga harus mengetahui dan bertanggung-jawab atas kebersihan ruang kultur. Semua pekerjaan manipulasi medium kultur dan sel dikerjakan di dalam ruang steril untuk mencegah kontaminasi oleh mikroorganisme yang ada di udara atau yang terbawa oleh kita. Hal tersebut dilakukan di dalam laminar air flow cabinets atau hoods, karena alat tersebut akan mengalirkan udara yang telah difilter ke tempat kerja. Filter yang digunakan adalah high-efficiency particle filter (HEPAs) yang dapat menyaring berbagai partikel dari udara dengan diameter > 0,3 µm. Dengan demikian hampir semua bakteri, spora jamur, dan sebagainya yang normal terdapat di udara dapat tersaring. Ada beberapa model/tipe cabinet yang tersedia saat ini dengan variasi ukuran dan dilengkapi vertikal atau horizontal air flow. Biasanya cabinets juga dilengkapi dengan lampu UV untuk membantu mempertahankan sterilitas ruangan. Lampu UV ini harus dimatikan pada saat cabinets sedang digunakan.

Kultur sel dan medium perlu disimpan dalam container steril. Container dapat berupa botol gelas atau plastik disposable. Botol gelas biasanya tidak digunakan untuk kultur sel tetapi untuk menyimpan medium, karena botol ini dapat digunakan lagi setelah proses sterilisasi. Ada berbagai bentuk container plastik disposable yang dapat digunakan untuk kultur sel, bervariasi dari mikroplate dengan volume 200 μ L per sumuran sampai botol (flask) besar. Selain containers tersebut di atas, untuk kultur sel juga diperlukan centrifuge tube (conical tube) steril, yang digunakan dalam pencucian sel. Ukuran yang biasanya digunakan adalah 11 – 15 ml dan 50 ml. Berbagai container kecil (vial) juga diperlukan untuk menyimpan sel di dalam Liquid Nitrogen.

Berbagai cairan, alat gelas, filter dan sebagainya dapat disterilkan dengan pemanasan di dalam autoclave (minimal 20 menit pada tekanan 10 – 15 lb/in², suhu 120 °C). Cairan (selain medium kultur) yang akan disterilkan di simpan dalam botol gelas. Pada saat disterilkan tutup botol dilonggarkan dan dibungkus dengan aluminium foil. Pada saat mengangkat botol dari autoclave, tutup segera dikencangkan untuk menjaga sterilitas isinya. Benda-benda kecil yang akan disterilkan dapat dibungkus dengan aluminium foil, kassa, kertas payung atau kantong nylon sebelum di autoclave. Pipet kaca harus disumbat secara individual dengan kapas pada ujung belakangnya dan biasanya disterilkan dalam satu container metal. Berbagai alat gelas alat dissecting dapat juga disterilkan dengan cara pemanasan kering (90 menit pada suhu 160 °C). Medium kultur tidak dapat disterilkan dengan cara pemanasan, tetapi dengan filter 0,22 μ m yang dapat memfilter berbagai mikroorganisme yang dapat mengkontaminasi kultur. Filter 0,45 μ m atau prefilter tidak dapat menyaring mikroorganisme, tetapi berguna untuk menghilangkan berbagai material sebelum filtrasi steril, dan pemakaian prefilter ini bermanfaat meningkatkan volume yang dapat difilter steril. Volume yang dapat difilter tergantung pada diameter filter, ukuran pori-pori, tekanan pada saat filtrasi dan viskositas cairan

2. Temperatur

Kebanyakan sel yang berasal dari hewan perlu disimpan pada suhu 37 °C agar dapat tumbuh secara optimal. Keadaan tersebut dapat dilakukan dengan menyimpannya dalam inkubator yang dapat menyediakan temperatur secara konstan dan terdistribusi secara merata di dalam inkubator. Untuk itu, kebanyakan

inkubator dilengkapi dengan thermostatically controlled water jacket dan temperature control.

3. Medium harus memelihara pH 7.0 – 7.4

Untuk produksi antibodi monoklonal sel hibridoma memerlukan bikarbonat sebagai ion buffer untuk membantu mempertahankan pH pada medium kultur. Agar sistem bufer ini dapat bekerja maka kultur dan mediumnya harus mendapatkan CO₂. Dengan demikian diperlukan inkubator yang dapat mempertahankan kadar CO₂ 5 % di dalam udara CO₂ dapat disuplai dari gas CO₂ yang dihubungkan dengan CO₂ sensor ke dalam incubator. Ruangan di dalam incubator juga harus dijaga kelembabannya dengan menempatkan nampan yang diisi dengan aquadest steril supaya tidak terjadi kekeringan.

3a. Medium

Medium penumbuh yang mengandung 10% serum (FBS), 1% antibiotik (penicillin-streptomycin) dan 0,5% antifungi (fungizone), kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C dan 5% CO₂ (95% udara).

1. Bahan: (1) botol steril 1 L, (2) aquabidest 1 L, (3) RPMI Powder 1 sachet (10, 4 gr), (4) NaHCO₂ sol. (7,5 %) 27 ml per liter medium atau 2 gr/L, (5) Hepes 2,86 gr, (6) 50 mM Mercapto Ethanol (ME) 1 mL, Filter 0,2 µm.

Cara Membuat (Preparasi) Medium Kultur

1. Bahan-bahan esensial

- Bikarbonat/Hepes: untuk mempertahankan pH pada medium kultur dengan keseimbangan antara bikarbonat terlarut dan konsentrasi CO₂.
- Glutamin: konsentrasi 2 mM perlu ditambahkan pada medium cair, karena sifatnya yang tidak stabil dan mempunyai waktu paruh 3 minggu pada 40°C dan 2 minggu pada 37 °C. Serum: FBS dengan konsentrasi 10 %.

2. Bahan-bahan tidak esensial

- Antibiotik: penisilin 100 µg/mL dan steptomycin 100 µg/mL untuk mencegah pertumbuhan bakteri.
- Antifungi: Fungizone untuk mencegah pertumbuhan jamur.
- Phenol red: sebagai indikator pH untuk mengetahui perubahan pH medium kultur.
- Mercapto Ethanol (50 mM): untuk meningkatkan sintesis antibody oleh sel limpa.

3. Preparasi larutan PBS

1) Timbang kemikalia sebagai berikut:

NaCl 8 gram

KCl 0.2 g

KH₂PO₄ 0.2 g

Na₂HPO₄ 15 g

2) Siapkan 900 ml aquabides dalam gelas piala ukuran 1 liter, kemudian masukkan bar magnetic stirer ke dalamnya.

3) Tempatkan gelas piala tersebut di atas papan pemutar magnetic stirer, kemudian atur agar putaran pelan-pelan dengan maksud agar jangan sampai terjadi pusaran air yang dapat menyerap udara.

4) Tambahkan kemikalia di atas satu per satu dan sedikit demi sedikit sampai

5) Atur volume hingga 1 liter dan jaga agar pH 7,4.

6) Sterilisasi dengan menggunakan autoklav.

7) Simpan dilemari es.

Cara Membuat Medium RPMI

a. RPMI powder ditambahkan dalam 800 ml, aquadest steril

b. Tambahkan NaHCO₂ cair atau powder, Hepes dan ME

c. Campur homogen dengan cara di magnetic stirer

d. Ukur pH pada 7,4 dengan penambahan NaOH 0,1 N atau HCl 0,1 N

e. Sterilkan dengan cara difilter menggunakan filter 0,2 µm di dalam hood

f. Beri label pada botol: nama medium, tanggal dan pemakai serta disimpan pada suhu 4 °C.

Bahan Tambahan

2.1.1. Esensial

- Bikarbonat/Hepes: berfungsi untuk mempertahankan pH pada medium kultur dengan keseimbangan antara bikarbonat terlarut dan konsentrasi CO₂.
- Glutamin: konsentrasi 2 mM perlu ditambahkan pada medium cair, karena sifatnya yang tidak stabil dan mempunyai waktu paruh 3 minggu pada 40C dan 2 minggu pada 37 °C.
- Serum: FBS dengan konsentrasi 10 – 20 %.

2.1.2. Tidak esensial

- Antibiotik: penisilin 100 µg/mL dan steptomycin 100 µg/mL.
- Antifungi: fungizone 0,5%.
- Mercapto Ethanol (50 mM): untuk meningkatkan biosintesis antibody oleh sel limpa.

Tahap-Tahap Pertumbuhan Kultur Sel Granulosa

Tahap-tahap pertumbuhan kultur sel granulosa dalam medium kultur menurut Freshney (1990), meliputi tahap:

- Pertumbuhan sel yang lamban (lag phase),
- Pertumbuhan sel sangat pesat (log phase atau exponential phase), dan
- Tanpa pertumbuhan sel (plateau phase atau stationer phase). Pada fase stasioner (konfluen), pertumbuhan sel granulosa telah menyebar memenuhi seluruh permukaan dasar cawan kultur dan terjadi persinggungan antara sel satu dengan lainnya sehingga sel berdesak-desakan dan menyebabkan pertumbuhan terhenti (Becker et al., 1999). Pada kondisi konfluen, sel granulosa menampakkan morfologi dan fungsi mirip dengan jaringan aslinya (Freshney, 1990). Kultur sel primer lapis tunggal (monolayer) menunjukkan sifat-sifat seperti jaringan aslinya dengan pola rangsangan hormonal seperti in vivo (Bedetti & Cantafora, 1990). waktu yang diperlukan untuk pertumbuhan sel dari fase awal sampai dengan terbentuknya sel anakan baru (satu siklus sel) berkisar antara 18-24 jam

Manfaat Kultur Jaringan

1. Pemanfaatan Kultur Sel dalam Penelitian Saat ini, kultur jaringan/sel hewan telah menjadi khasanah fundamenta dalam bidang ilmu pengetahuan, seperti; biologi, kedokteran, farmasi, imunologi dan bioteknologi. Setelah periode 1970-an banyak penemuan-penemuan dalam berbagai disiplin ilmu yang tidak terlepas dari pemanfaatan kultur jaringan seperti;

1. Transport intramembran seperti: (1) aktivitas dan perpindahan RNA dari inti ke sitoplasma dan translokasi hormon, (2) pompa ion kalsium dan natrium, (3) molekul karier untuk transport glukosa, (4) reseptor hormon dan molekul lainnya.

2. Aktivitas intraselular seperti: (1) replikasi DNA, (2) ekspresi gena, (3) sintesis protein, (2) isolasi beberapa sel mediator, dan (3) (4) analisis kromosom untuk mengetahui kelainan genetik dari bayi dalam kandungan, mempelajari efek toksik dari komponen obat, penentuan (diagnosis) adanya infeksi virus/ bakteri, dan monitoring efek pencemaran lingkungan.

3. Metabolisme intra-seluler seperti; (1) nutrisi, (2) inversi dan adanya induksi transformasi dari virus atau agen kimiawi (obat-obatan), (3) mekanisme regulasi steroidogenesis pada sel-sel steroidogenik, (4) peran molekul Insulin-like growth factor I (IGF-I) terhadap pertumbuhan dan diferensiasi berbagai jenis sel. (4) metabolisme energi, lemak, dan protein, (5) reseptor kompleks dan fluktuasi mediator kimia dan metabolit dalam sel.

4. Interaksi antar-sel, seperti: (1) sinyal antar-sel, (2) populasi kinetik dan adhesi sel, (3) peran berbagai hormon pada sel-sel ovarium secara langsung misalnya pengaruh estrogen terhadap ekspresi R-LH. Oleh karena itu, teknologi kultur jaringan/sel saat ini menjadi kebutuhan pokok untuk menunjang penelitian-penelitian dibidang: tumor, virologi, dan imunologi, terlebih lagi setelah diperkenalkannya fusi sel somatik. Selain itu, kultur jaringan telah diaplikasikan dalam bidang industri (bioteknologi) dan kesehatan seperti; analisis kromosom untuk mengetahui kelainan genetik dari bayi dalam kandungan, mempelajari efek toksik dari komponen obat, penentuan (diagnosis) adanya infeksi virus/ bakteri, dan monitoring efek pencemaran lingkungan

Semakin berkembangnya dukungan dan penguasaan teknologi laboratorium sangat memungkinkan membuat kultur sel primer dari berbagai jenis sel hewan maupun manusia. Perkembangan kultur jaringan sebagai teknik baru dalam bidang biologi mempunyai kaitan erat dengan perkembangan bioteknologi. terlebih lagi setelah diperkenalkannya fusi sel somatik Kemajuan yang sangat menggembirakan dalam bioteknologi adalah penerapan rekayasa genetika dengan menyisipkan gen-gen tertentu yang dikehendaki kedalam sel yang telah kultur dengan tujuan untuk memproduksi insulin dan/atau beberapa hormon pertumbuhan dalam skala besar. Selain itu, kultur jaringan telah diaplikasikan dalam bidang industri (bioteknologi) untuk memproduksi vaksin, protein, dan antibodi monoklonal. Saat ini, antibodi monoklonal (monoklonal antibodi = MAB) menjadi semakin populer karena

penggunaan yang sangat meluas baik untuk penelitian maupun uji klinis termasuk diagnosis dan bahkan upaya mencapai target spesifik untuk pengobatan.

2. Pemanfaatan Kultur Sel dalam Bioteknologi Semakin berkembangnya dukungan dan penguasaan teknologi laboratorium sangat memungkinkan membuat kultur sel primer dari berbagai jenis sel hewan maupun manusia. Perkembangan kultur jaringan sebagai teknik baru dalam bidang biologi mempunyai kaitan erat dengan perkembangan bioteknologi. Penerapan kultur jaringan dalam bidang industri (bioteknologi) antara lain:

1. Produksi virus yang kemudian dibuat vaksin.
2. Produksi Antibodi-monoklonal (MAB).

Kultur Jaringan hewan UNIPOTEN

Pinsip dasar yang harus diperhatikan dalam membuat kultur jaringan hewan, antara lain:

- Aseptik dan steril
- Seleksi dan preparasi sel
- Kloning (perbanyakl dan hasilnya sama persis)
- Propagasi (perbanyak)
- Preservasi sel (pengawetan / memeliharanya dengan disimpan)

a. Media kultur : (1) medium dasar, (2) serum, (3) aditif, (4) system penyangga

b. Faktor yang paling krusial dalam kultur sel adalah susunan dari meium pertumbuhan. Untuk memperoleh medium yang sesuai beberapa criteria harus dipenuhi :

1. medium harus menyediakan makanan yang diperlukan oleh sel
2. medium harus mempunyai nilai pH antara 7,0 – 7,3.
3. Medium harus isotonic terhadap sitoplasma sel
4. Medium harus steril

c. Komponen dasar dari medium ini adalah larutan garam seimbang fungsinya untuk menyediakan : Penyangga dari medium kultur jaringan/sel hewan biasanya disediakan sodium bikarbonat. Disosiasi di dalam larutan membebaskan karbondioksida ke atmosfir dan menghasilkan ion hidroksil di dalam medium.

Manfaat kultur jaringan hewan:

a. dalam bidang penelitian : menganalisis kromosom untuk mengetahui kelainan genetic dari bayi dalam kandungan, mengetahui efek toksik dari komponen obat

b. dalam bidang industri :

- produksi virus yang kemudian dibuat vaksin
- produksi antibody monoklonal

Produksi Vaksin Viral

Salah satu permasalahan untuk memproduksi vaksin adalah pada teknologi memperbanyak bahan vaksin yaitu virus hidup. Virus merupakan mikroorganisme yang bersifat sebagai parasit obligat intraseluler sehingga untuk keiduoan dan memperbanyak virus diperlukan sel hidup. Jika menggunakan sel hewan, maka memerlukan banyak hewan. Solusi, menggunakan kultur jaringan hewan lebih efisien. Berbagai problem dengan produksi vaksin secara konvensional di atas, terutama masalah keamanan, digunakan teknologi rekombinan DNA (rekayasa genetika) untuk memproduksi vaksin yang lebih aman dan potensial. Subunit virus diproduksi oleh bakteri atau yeast (kapang).

Salah satu pemanfaatan kultur sel secara komersial pertama kali sebagai media untuk memproduksi virus. Vaksin viral dapat dibedakan menjadi 2 tipe yaitu:

- 1) Vaksin hidup (life vaccine) dari virus hidup yang kurang poten terhadap manusia.
- 2) Vaksin mati (killed vaccine) dari agen yang telah dimatikan. Biasa digunakan kultur sel dari embrio ayam (chicken embryo) untuk memproduksi vaksin influenza dan yellow fever.
- 3) ion-ion anorganik esensial
- 4) koreksi pH
- 5) sumber energi dalam bentuk glukosa
- 6) indicator pH, phenol merah

F. Evaluasi Belajar

a. Rangkuman

Kultur sel hewan adalah sistem menumbuhkan sel manusia maupun hewan untuk tujuan memproduksi metabolit tertentu. Aplikasi dari system ini banyak digunakan untuk menghasilkan produk-produk farmasi dan kit diagnostik dengan jenis produk berupa molekul protein kompleks. Aplikasi yang berhubungan tidak

langsung dengan masalah pangan, misalnya: penetapan jenis kelamin dari embrio yang akan ditanam, penentuan masa ovulasi dari sapid an fertilisasi in vitro untuk hewan. Adapun contoh-contoh produk yang biasa dihasilkan oleh sel hewan misalnya: interferon, tissue plasminogen activator, erythroprotein, hepatitis B surface antigen.

Hewan transgenik adalah hewan yang menerima gen pindahan dari organisme lain (atau hewan yang sama) untuk tujuan-tujuan yang tentunya dianggap menguntungkan bagi manusia.

b. Latihan dan Tugas

1. Jelaskan Tentang pemanfaatan bitemnologi moderen dalam pengembanagn hewan panga?
2. Jelaskan perbedaan antara keuntungan dan kelebihan sel hewan
3. Jelaskan tahapan mekanisme pembuatan media kultur sel hewan

G. Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Tugas diselesaikan sebelum batas akhir pengumpulan tugas

H. Daftar Pustaka

- Pramasinta Alice, Riska L, Hadiyanto. 2014. Bioteknologi Pangan: Sejarah, Manfaat dan Potensi Risiko. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan.
- Primrose, S.B. (1987). Modern Biotechnology. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Nurchahyo H. 2011. Diktat Bioteknologi. Jurusan Pendidikan Biologi. Universitas Negeri Yogyakarta
- Syarwani, Much. 2007. Pembuatan Protein Sel Tunggal dari Aspergillus Oryzae yang diperkaya Ca dan P. Jurnal Politeknik Negeri Malang. Malang
- Yuwono T. 2005. Bioteknologi Pertanian. UGM Press. Yogyakarta

BAB VI. MIKROBIOLOGI PANGAN

A. Pengantar

Mikrobiologi pangan adalah suatu ilmu yang mempelajari makhluk hidup yang sangat kecil yang hanya dapat dilihat dengan menggunakan lensa pembesar atau mikroskop. Makhluk yang sangat kecil tersebut disebut mikroorganisme atau mikroba, dan ilmu yang mempelajari tentang mikroba yang sering ditemukan pada pangan disebut mikrobiologi pangan. Pangan yang dimaksud disini mencakup semua makanan, baik bahan baku pangan maupun yang sudah diolah. Pertumbuhan mikroba pada pangan dapat menimbulkan berbagai perubahan, baik yang merugikan maupun yang menguntungkan. Mikroba yang merugikan misalnya yang menyebabkan kerusakan atau kebusukan pangan, dan yang sering menimbulkan penyakit atau keracunan pangan. Sedangkan mikroba yang menguntungkan adalah yang berperan dalam proses fermentasi pangan, misalnya dalam pembuatan tempe, oncom, kecap, tauco, tape dll. Oleh sebab itu dengan mengetahui sifat-sifat mikroba pada pangan kita dapat mengatur kondisi sedemikian rupa sehingga pertumbuhan mikroba yang merugikan dapat dicegah, sedangkan mikroba yang menguntungkan dirangsang pertumbuhannya.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam memahami mikroorganisme yang berperan dalam pangan serta mikroorganisme yang merusak pangan.

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Menjelaskan peran mikroorganisme dalam pangan
2. Dapat membedakan mikroorganisme yang menguntungkan dan yang merugikan dalam pangan

D. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen

E. Materi

A. Pendahuluan

Mikroba terdapat dimana-mana, misalnya di dalam air, tanah, udara, tanaman, hewan, dan manusia. Oleh karena itu mikroba dapat masuk ke dalam pangan melalui berbagai cara, misalnya melalui air yang digunakan untuk menyiram tanaman pangan atau mencuci bahan baku pangan, terutama bila air tersebut tercemar oleh kotoran hewan atau manusia. Mikroba juga dapat masuk ke dalam pangan melalui tanah selama penanaman atau pemanenan sayuran, melalui debu dan udara, melalui hewan dan manusia, dan pencemaran selama tahap-tahap penanganan dan pengolahan pangan. Dengan mengetahui berbagai sumber pencemaran mikroba, kita dapat melakukan tindakan untuk mencegah masuknya mikroba pada pangan.

Pangan yang berasal dari tanaman membawa mikroba pada permukaannya dari sejak ditanam, ditambah dengan pencemaran dari sumber-sumber lainnya seperti air dan tanah. Air merupakan sumber pencemaran bakteri yang berasal dari kotoran hewan dan manusia, termasuk di antaranya bakteri-bakteri penyebab penyakit saluran pencernaan. Tanah merupakan sumber pencemaran bakteri-bakteri yang berasal dari tanah, terutama bakteri pembentuk spora yang sangat tahan terhadap keadaan kering. Pada pangan yang berasal dari hewan, mikroba mungkin berasal dari kulit dan bulu hewan tersebut dan dari saluran pencernaan, ditambah dengan pencemaran dari lingkungan di sekitarnya.

Pangan yang berasal dari tanaman dan hewan yang terkena penyakit dengan sendirinya juga membawa mikroba patogen yang menyebabkan penyakit tersebut. Tangan manusia merupakan sumber pencemaran bakteri yang berasal dari luka atau infeksi kulit, dan salah satu bakteri yang berasal dari tangan manusia, yaitu *Staphylococcus*, dapat menyebabkan keracunan pangan. Selain itu orang yang sedang menderita atau baru sembuh dari penyakit infeksi saluran pencernaan seperti tifus, kolera dan disentri, juga merupakan pembawa bakteri penyebab penyakit tersebut sampai beberapa hari atau beberapa minggu setelah sembuh. Oleh karena itu orang tersebut dapat menjadi sumber pencemaran pangan jika ditugaskan menangani atau mengolah pangan.

B. Klasifikasi Mikroba Pangan

Organisme yang sering ditemukan pada pangan dibedakan atas empat golongan, yaitu:

- Bakteri • Kapang • Jamur • Virus

Bakteri

Bakteri merupakan makhluk bersel tunggal yang berkembang biak dengan cara membelah diri dari satu sel menjadi dua sel. Pada kondisi yang sangat baik, kebanyakan sel bakteri dapat membelah dan berkembang biak dalam waktu kurang lebih 20 menit. Pada kecepatan yang tinggi ini satu sel bakteri dapat memperbanyak diri menjadi lebih dari 16 juta sel baru dalam waktu 8 jam. Berdasarkan bentuk selnya, bakteri dapat dibedakan atas empat golongan yaitu:

- Koki (bentuk bulat) Koki mungkin terdapat dalam bentuk tunggal (terpisah), berpasangan (diplokoki), berempat (tetra koki atau tetrad), bergerombol (stafilokoki), dan membentuk rantai (streptokoki).
- Basili (bentuk batang) Basil mungkin terdapat dalam bentuk tunggal (terpisah) atau membentuk rantai.
- Spirillum (bentuk spiral)
- Vibrio (bentuk koma)

Bakteri ditemukan dimana-mana. Banyak bakteri yang sebenarnya tidak berbahaya bagi kesehatan, tetapi jika tumbuh dan berkembang biak pada pangan sampai mencapai jumlah yang sangat tinggi dapat mengakibatkan kerusakan makanan, yaitu menimbulkan bau busuk, lendir, asam, perubahan warna, pembentukan gas, dan perubahan-perubahan lain yang tidak diinginkan. Bakteri semacam ini digolongkan ke dalam bakteri perusak pangan. Bakteri perusak pangan sering tumbuh dan menyebabkan kerusakan pada bahan pangan yang mempunyai kandungan protein tinggi seperti ikan, susu, daging, telur dan sayuran. Bakteri yang menyebabkan gejala sakit atau keracunan disebut bakteri patogenik atau patogen. Gejala penyakit yang disebabkan oleh patogen timbul karena bakteri tersebut masuk ke dalam tubuh melalui pangan dan dapat berkembang biak di dalam saluran pencernaan dan menimbulkan gejala sakit perut, diare, muntah, mual, dan gejala lain. Patogen semacam ini misalnya yang tergolong bakteri koli (*Escherichia coli* patogenik), *Salmonella* dan *Shigella*.

Bakteri patogenik di dalam pangan juga dapat menyebabkan gejala lain yang disebut keracunan pangan. Gejala semacam ini disebabkan oleh tertelannya racun (toksin) yang diproduksi oleh bakteri selama tumbuh pada pangan. Gejala keracunan pangan oleh racun bakteri dapat berupa sakit perut, diare, mual, muntah, atau kelumpuhan. Bakteri yang tergolong ke dalam bakteri penyebab keracunan misalnya *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, dan *Bacillus cereus* yang memproduksi racun yang menyerang saluran pencernaan dan disebut enterotoksin, dan *Clostridium botulinum* yang memproduksi racun yang menyerang syaraf serta dapat menyebabkan kelumpuhan saluran tenggorokan dan disebut neurotoksin atau racun botulinum.

Selain pengaruh yang merugikan, beberapa bakteri juga mempunyai pengaruh yang menguntungkan dan yang digunakan atau berperan. dalam pembuatan berbagai makanan fermentasi, misalnya sayur asin, ikan peda, terasi, keju, susu fermentasi (yogurt, yakult), sosis, dan lain-lain. Bakteri semacam ini memproduksi senyawa-senyawa yang menimbulkan cita-rasa yang khas untuk masing-masing produk, dan beberapa juga memproduksi asam yang dapat mengawetkan makanan.

Kapang

Kapang merupakan mikroba dalam kelompok Fungi yang berbentuk filamen, yaitu strukturnya terdiri dari benang-benang halus yang disebut hifa. Kumpulan dari banyak hifa membentuk kumpulan massa yang disebut miselium dan lebih mudah dilihat oleh mata tanpa menggunakan mikroskop. Contoh miselium adalah serat putih seperti kapas yang tumbuh pada tempe. Kapang juga mempunyai struktur yang disebut spora yang pada umumnya terletak pada ujung-ujung dari hifa, dan merupakan struktur yang sangat ringan dan mudah menyebar kemana-mana. Spora merupakan alat perkembangbiakan kapang, karena pada kondisi substrat dan lingkungan yang baik spora dapat bergerminasi dan tumbuh menjadi struktur kapang yang lengkap. Dari satu struktur kapang dapat dihasilkan beratus-ratus spora yang mudah menyebar dan mencemari pangan, kemudian tumbuh menjadi bentuk kapang yang lengkap. Jika dilihat di bawah mikroskop, berbagai jenis kapang mempunyai struktur hifa dan spora yang berbeda-beda, dan karakteristik struktur tersebut digunakan untuk mengidentifikasi kapang. Spora kapang pada umumnya mempunyai warna tertentu tergantung dari jenis kapangnya. Oleh karena itu

pertumbuhan kapang pada pangan mudah dilihat dengan mata, yaitu ditandai dengan perubahan warna yang menunjukkan adanya spora kapang dan sering disebut sebagai bulukan.

Selain dapat menyebabkan kerusakan pangan, beberapa kapang tertentu juga bermanfaat karena digunakan dalam proses fermentasi pangan. Tabel 1 menyajikan berbagai jenis kapang yang sering tumbuh pada pangan, serta jenis pangan yang dirusak dan kegunaannya dalam proses fermentasi pangan

Tabel 1. Beberapa Jenis Kapang untuk Fermentasi dan Perusak Bahan Pangan

Jenis Kapang	Warna Spora	Pangan yang Dirusak	Makanan yang Difermentasi
<i>Aspergillus</i>	Hitam, hijau	Roti, sereal, kacang-kacangan	Kecap, tauco (<i>A. oryzae</i>)
<i>Penicillium</i>	Biru-hijau	Buah-buahan, citrus, keju	Keju (<i>P. roqueforti</i>)
<i>Rhizopus</i>	Hitam di atas hifa berwarna putih	Roti, sayuran, buah-buahan	Tempe, oncom hitam (<i>R. oryzae</i> , <i>R. oligosporus</i>)
<i>Neurospora (Monilia)</i>	Oranye-merah	Nasi	Oncom merah

Beberapa kapang jika tumbuh pada pangan dapat memproduksi racun yang berbahaya yang disebut toksin (racun) kapang atau mikotoksin. Spesies kapang yang memproduksi mikotoksin terutama adalah dari jenis *Aspergillus*, *Penicillium* dan *Fusarium*. Beberapa contoh mikotoksin yang sering ditemukan pada pangan misalnya aflatoksin yang diproduksi oleh *Aspergillus flavus* dan okratoksin yang diproduksi oleh *Aspergillus ochraceus*

Kamir

Kamir merupakan organisme bersel tunggal yang termasuk dalam kelompok Fungi. Jika tumbuh pada pangan, kamir dapat menyebabkan kerusakan, tetapi sebaliknya beberapa kamir juga digunakan dalam pembuatan makanan fermentasi. Kerusakan yang disebabkan oleh pertumbuhan kamir ditandai dengan terbentuknya bau asam dan bau alkohol, serta terbentuknya lapisan pada permukaan, misalnya kerusakan pada sari buah. Beberapa contoh kamir yang digunakan dalam proses fermentasi misalnya *Saccharomyces cerevisiae* untuk membuat roti, bir dan minuman anggur, dan (*Candida utilis*) untuk membuat protein mikroba yang disebut protein sel tunggal.

Pada umumnya kamir berkembang biak dengan cara membentuk tunas, meskipun beberapa jenis berkembang biak dengan cara membelah. Tunas yang timbul pada salah satu sisi sel kamir akan membesar dan jika ukurannya hampir menyamai induk selnya, maka tunas akan melepaskan diri menjadi sel yang baru. Pada beberapa spesies, tunas tidak melepaskan diri dari induknya sehingga semakin lama akan membentuk struktur yang terdiri dari kumpulan sel berbentuk cabang-cabang seperti pohon kaktus yang disebut pseudomiselium.

Perkembangbiakan sel kamir semacam ini disebut reproduksi aseksual. Selain dengan pertunasan, kamir juga berkembang biak dengan cara reproduksi seksual, yaitu dengan membentuk askospora. Dalam 1 sel dapat terbentuk 4-6 askospora. Askospora yang telah masak dapat mengalami germinasi membentuk sel kamir, yang kemudian dapat berkembang biak secara aseksual dengan pertunasan.

Virus

Virus merupakan organisme dengan ukuran yang paling kecil dibandingkan dengan organisme lainnya. Virus merupakan organisme yang tidak dapat berkembang biak sendiri melainkan harus berada pada sel organisme lainnya, oleh karena itu digolongkan ke dalam parasit. Virus sering mencemari pangan tertentu seperti susu, pangan hasil laut, dan sayur-sayuran serta air. Salah satu virus yang sering mencemari pangan yaitu virus hepatitis A, serta virus polio yang sering mencemari susu sapi mentah.

Pertumbuhan mikroba pada pangan dipengaruhi oleh berbagai faktor, dan setiap mikroba membutuhkan kondisi pertumbuhan yang berbeda. Oleh karena itu jenis dan jumlah mikroba yang dapat tumbuh kemudian menjadi dominan pada setiap pangan juga berbeda, tergantung dari jenis pangan tersebut. Pada kondisi yang optimum untuk masing-masing mikroba, bakteri akan tumbuh lebih cepat dibandingkan dengan kapang dan kamir. Hal ini disebabkan bakteri mempunyai struktur sel yang lebih sederhana, sehingga pada kebanyakan bakteri hanya membutuhkan waktu 20 menit untuk membelah. Struktur sel kapang dan kamir lebih kompleks daripada bakteri dan membutuhkan waktu lebih lama untuk membentuk sel baru, yaitu sekitar 2 jam atau lebih.

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba

Pertumbuhan Mikroba pangan dibedakan atas dua kelompok, yaitu:

1. Karakteristik pangan:

- Aktivitas air (a_w)
- Nilai pH (keasaman)
- Kandungan gizi
- Senyawa antimikroba

2. Kondisi lingkungan:

- Suhu
- Oksigen
- Kelembaban

Aktivitas Air

Aktivitas air (a_w) menunjukkan jumlah air bebas di dalam pangan yang dapat digunakan oleh mikroba untuk pertumbuhannya. Nilai a_w pangan dapat dihitung dengan membagi tekanan uap air pangan dengan tekanan uap air murni. Jadi air murni mempunyai nilai a_w sama dengan 1. Nilai a_w secara praktis dapat diperoleh dengan cara membagi %RH pada saat pangan mengalami keseimbangan kadar air dibagi dengan 100. Sebagai contoh, jika suatu jenis pangan mempunyai $a_w = 0,70$, maka pangan tersebut mempunyai keseimbangan kadar air pada RE 70%, atau dengan perkataan lain pada RE 70% kadar air pangan tetap (yang menguap sama dengan yang terserap).

Mikroba mempunyai kebutuhan a_w minimal yang berbeda-beda untuk pertumbuhannya. Di bawah a_w minimal tersebut mikroba tidak dapat tumbuh atau berkembang biak. Oleh karena itu salah satu cara untuk mengawetkan pangan adalah dengan menurunkan a_w bahan tersebut. Beberapa cara pengawetan pangan yang menggunakan prinsip penurunan a_w bahan misalnya pengeringan dan penambahan bahan pengikat air seperti gula, garam, pati serta gliserol. Kebutuhan a_w untuk pertumbuhan mikroba umumnya adalah sebagai berikut:

- Bakteri pada umumnya membutuhkan a_w sekitar 0,91 atau lebih untuk pertumbuhannya. Akan tetapi beberapa bakteri tertentu dapat tumbuh sampai a_w 0,75.
- Kebanyakan jamur tumbuh pada a_w sekitar 0,88, dan beberapa dapat tumbuh pada a_w sampai 0,6.
- Kebanyakan kapang tumbuh pada minimal 0,8.

Bahan makanan yang belum diolah seperti ikan, daging, telur dan susu mempunyai a_w di atas 0,95, oleh karena itu mikroba yang dominan tumbuh dan

menyebabkan kebusukan terutama adalah bakteri. Bahan pangan kering seperti biji-bijian dan kacang-kacangan kering, tepung, dan buah-buahan kering pada umumnya lebih awet karena nilai a_w -nya 0,60 – 0,85, yaitu cukup rendah untuk menghambat pertumbuhan kebanyakan mikroba. Pada bahan kering semacam ini mikroba perusak yang sering tumbuh terutama adalah kapang yang menyebabkan bulukan.

Seperti telah dijelaskan di atas, konsentrasi garam dan gula yang tinggi juga dapat mengikat air dan menurunkan a_w sehingga menghambat pertumbuhan mikroba. Makanan yang mengandung kadar garam dan atau gula yang tinggi seperti ikan asin, dendeng, madu, kecap manis, sirup, dan permen, biasanya mempunyai a_w di bawah 0,60 dan sangat tahan terhadap kerusakan oleh mikroba. Makanan semacam ini dapat disimpan pada suhu kamar dalam waktu yang lama tanpa mengalami kerusakan.

Nilai pH

Salah satu faktor pada pangan yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba adalah pH, yaitu suatu nilai yang menunjukkan keasaman atau kebasaan. Dengan menggunakan pH-meter, nilai pH suatu bahan dapat diukur, umumnya berkisar antara 0 sampai 14. Nilai pH 7 menunjukkan bahan yang netral, nilai pH kurang dari 7 menunjukkan bahan bersifat lebih asam, sedangkan nilai pH lebih dari 7 menunjukkan bahan lebih bersifat basa. Kebanyakan mikroba tumbuh baik pada pH sekitar netral, dan pH 4,6 – 7,0 merupakan kondisi optimum untuk pertumbuhan bakteri, sedangkan kapang dan kamir dapat tumbuh pada pH yang lebih rendah. Pengelompokan pangan berdasarkan nilai pH-nya adalah sebagai berikut:

1. Pangan berasam rendah, adalah pangan yang mempunyai nilai pH 4,6 atau lebih, misalnya daging, ikan, susu, telur dan kebanyakan sayuran. Pangan semacam ini harus mendapatkan perlakuan pengawetan secara hati-hati karena mudah mengalami kerusakan oleh bakteri, termasuk bakteri patogen yang berbahaya.
 2. Pangan asam, adalah pangan yang mempunyai pH 3,7 – 4 misalnya beberapa sayuran dan buah-buahan.
 3. Pangan berasam tinggi, adalah pangan yang mempunyai pH di bawah 3,7, misalnya sayur asin, acar, dan lain-lain.
- Penurunan pH merupakan salah satu prinsip pengawetan pangan untuk mencegah pertumbuhan kebanyakan mikroba. Prinsip ini dapat dilakukan

dengan cara menambahkan asam ke dalam makanan seperti dalam pembuatan acar atau asinan. Cara lain adalah fermentasi agar terbentuk asam oleh mikroba seperti dalam pembuatan sayur asin.

Kandungan Gizi

Seperti halnya makhluk hidup lainnya, mikroba membutuhkan zat gizi untuk pertumbuhannya. Bahan makanan pada umumnya mengandung berbagai zat gizi yang baik untuk pertumbuhan mikroba, yaitu protein, karbohidrat, lemak, vitamin, dan mineral. Akan tetapi ada beberapa bahan makanan yang selain kandungan gizinya sangat baik juga kondisi lingkungannya mendukung, termasuk nilai aw dan pH-nya sangat baik untuk pertumbuhan mikroba. Contoh bahan makanan semacam ini adalah bahan yang mengandung protein tinggi, mempunyai pH sekitar netral dan mempunyai aw di atas 0,95, misalnya daging, susu, telur, dan ikan. Karena kondisinya yang optimum untuk pertumbuhan mikroba, maka pada bahan-bahan pangan seperti itu bakteri akan tumbuh dengan cepat sehingga bahan pangan menjadi mudah rusak dan busuk.

Senyawa Antimikroba

Pertumbuhan mikroba pada pangan juga dipengaruhi oleh adanya bahan pengawet yang terkandung di dalamnya, yaitu senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba. Bahan pengawet atau disebut juga senyawa antimikroba pada pangan dibedakan atas tiga golongan berdasarkan sumbernya, yaitu:

1. Senyawa antimikroba yang terdapat secara alami di dalam bahan pangan, misalnya asam pada buah-buahan, dan beberapa senyawa pada rempah-rempah.
2. Bahan pengawet yang ditambahkan dengan sengaja ke dalam pangan atau pangan olahan, misalnya:
 - Nitrit untuk menghambat bakteri pada kornet sapi dan sosis
 - Garam natrium klorida untuk menghambat mikroba pada ikan asin
 - Asam benzoat untuk menghambat kapang dan kamir pada selai dan sari buah
 - Asam cuka (asam asetat) untuk menghambat mikroba pada asinan
 - Asam propionat untuk menghambat kapang pada roti dan keju

- Sulfit untuk menghambat kapang dan kamir pada buah-buahan kering dan anggur.
3. Senyawa antimikroba yang terbentuk oleh mikroba selama proses fermentasi pangan. Asam laktat, hidrogen peroksida (H_2O_2), dan bakteriosin adalah senyawa antimikroba yang dibentuk oleh bakteri asam laktat selama pembuatan produk-produk susu fermentasi seperti yogurt, yakult, susu asidofilus, dan lain-lain, serta dalam pembuatan pickel dari sayur-sayuran seperti sayur asin.

Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba. Setiap mikroba mempunyai kisaran suhu dan suhu optimum tertentu untuk pertumbuhannya. Berdasarkan kisaran suhu pertumbuhan, mikroba dibedakan atas tiga kelompok sebagai berikut:

1. Psikrofil, yaitu mikroba yang mempunyai kisaran suhu pertumbuhan $0 - 20^{\circ}C$.
2. Mesofil, yaitu mikroba yang mempunyai kisaran suhu pertumbuhan $20 - 45^{\circ}C$.
3. Termofil, yaitu mikroba yang mempunyai suhu pertumbuhannya di atas $45^{\circ}C$.

Kebanyakan mikroba perusak pangan merupakan mikroba mesofil, yaitu tumbuh baik pada suhu ruangan atau suhu kamar. Bakteri patogen umumnya mempunyai suhu optimum pertumbuhan sekitar $37^{\circ}C$, yang juga adalah suhu tubuh manusia. Oleh karena itu suhu tubuh manusia merupakan suhu yang baik untuk pertumbuhan beberapa bakteri patogen.

Mikroba perusak dan patogen umumnya dapat tumbuh pada kisaran suhu $4-66^{\circ}C$. Oleh karena kisaran suhu tersebut merupakan suhu yang kritis untuk penyimpanan pangan, maka pangan tidak boleh disimpan terlalu lama pada kisaran suhu tersebut. Pangan harus disimpan pada suhu di bawah $4^{\circ}C$ atau di atas $66^{\circ}C$. Pada suhu di bawah $4^{\circ}C$, mikroba tidak akan mati tetapi kebanyakan mikroba akan terhambat pertumbuhannya, kecuali mikroba yang tergolong psikrofil. Pada suhu di atas $66^{\circ}C$, kebanyakan mikroba juga terhambat pertumbuhannya meskipun beberapa bakteri yang tergolong termofil mungkin tidak mati.

Oksigen

Mikroba mempunyai kebutuhan oksigen yang berbeda-beda untuk pertumbuhannya. Berdasarkan kebutuhannya akan oksigen, mikroba dibedakan atas 4 kelompok sebagai berikut:

1. Aerob, yaitu mikroba yang membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya.
2. Anaerob, yaitu mikroba yang tumbuh tanpa membutuhkan oksigen.
3. Anaerob fakultatif, yaitu mikroba yang dapat tumbuh dengan atau tanpa adanya oksigen.
4. Mikroaerofil, yaitu mikroba yang membutuhkan oksigen pada konsentrasi yang lebih rendah daripada konsentrasi oksigen yang normal di udara.

Mikroba perusak pangan sebagian besar tergolong aerob, yaitu membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya, kecuali bakteri yang dapat tumbuh pada saluran pencernaan manusia yang tergolong anaerob fakultatif, dan beberapa bakteri yang tergolong anaerob yang sering menyebabkan kerusakan makanan kaleng.

Karena kebanyakan mikroba perusak tergolong aerob maka dengan pengemasan pangan secara vakum, yaitu pengemasan dengan menghilangkan udara dari dalam kemasan, sebagian besar mikroba perusak tidak dapat tumbuh.

Kerusakan pada pangan yang dikemas secara vakum terutama disebabkan oleh mikroba yang tergolong anaerob atau anaerob fakultatif. Kebanyakan bakteri patogen yang dapat hidup dalam saluran pencernaan bersifat anaerob fakultatif, misalnya *Salmonella* dan *Shigella*. Oleh karena itu pengemasan vakum tidak menjamin pangan bebas dari bakteri patogen. Selain itu salah satu bakteri patogen pembentuk racun yang berbahaya, yaitu *Clostridium botulinum*, bersifat anaerob dan sering ditemukan tumbuh pada makanan yang dikemas secara vakum terutama makanan kaleng.

Kelembaban

Pangan yang disimpan di dalam ruangan yang lembab (RH tinggi) akan mudah menyerap air sehingga nilai aktivitas air (a_w) meningkat. Kenaikan a_w akan mengakibatkan mikroba mudah tumbuh dan menyebabkan kerusakan pangan. Sebaliknya pangan yang disimpan di dalam ruangan yang mempunyai a_w rendah akan kehilangan air sehingga menjadi kering pada permukaannya. Oleh karena itu salah satu cara penyimpanan yang baik, terutama untuk produk-produk kering (a_w rendah), adalah dengan menyimpan di dalam ruangan yang kering (RH rendah) atau membungkusnya di dalam kemasan yang kedap uap air.

Tanda-Tanda Kerusakan Mikrobiologi Pada Pangan

Kerusakan mikrobiologi pada pangan dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu:

1. Tingkat pencemaran mikroba pada pangan, yaitu semakin tinggi tingkat pencemaran mikroba maka pangan akan semakin mudah rusak.
2. Kecepatan pertumbuhan mikroba yang dipengaruhi oleh faktor-faktor yang telah dijelaskan di atas, yaitu a_w , pH, kandungan gizi, senyawa antimikroba, suhu, oksigen, dan kelembaban.
3. Proses pengolahan yang telah diterapkan pada pangan, misalnya pencucian, pemanasan, pendinginan, pengeringan, dan lain-lain.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut di atas, maka pangan secara umum dapat dibedakan atas tiga kelompok berdasarkan mudah tidaknya mengalami kerusakan, yaitu:

- **Pangan yang mudah rusak**, terutama pangan yang berasal dari hewan seperti daging sapi, daging ayam, ikan, susu, dan telur.
- **Pangan yang agak mudah rusak** seperti sayuran dan buah-buahan, roti, dan kue-kue.
- **Pangan yang awet**, terutama pangan yang telah dikeringkan seperti biji-bijian dan kacang-kacangan kering, gula, dan lain-lain.

Pangan yang mengalami kerusakan akan mengalami perubahan-perubahan seperti perubahan warna, bau, rasa, tekstur, kekentalan, dan lain-lain. Perubahan-perubahan tersebut mungkin disebabkan oleh benturan fisik, reaksi kimia, atau aktivitas organisme seperti tikus, parasit, serangga, mikroba, dan lain-lain. Berikut ini dijelaskan tanda-tanda kerusakan, terutama kerusakan mikrobiologi, yang sering terjadi pada pangan.

Sayuran, Buah-Buahan dan Produknya

Kerusakan sayuran dan buah-buahan sering terjadi akibat benturan fisik, kehilangan air sehingga layu, serangan serangga, dan serangan mikroba. Sayur-sayuran yang mudah rusak misalnya adalah kubis, tomat, wortel, dan lain-lain.

Tanda-tanda kerusakan mikrobiologi pada sayuran dan buah-buahan antara lain adalah:

- Busuk air pada sayuran yang disebabkan oleh pertumbuhan beberapa bakteri, ditandai dengan tekstur yang lunak (berair).

- Perubahan warna yang disebabkan oleh pertumbuhan kapang yang membentuk spora berwarna hitam, hijau, abu-abu, biru, -hijau, merah jambu, dan lain-lain.
- Bau alkohol, rasa asam, disebabkan oleh pertumbuhan kamir atau bakteri asam laktat, misalnya pada sari buah.

Daging dan Produk Daging

Daging mudah sekali mengalami kerusakan mikrobiologi karena kandungan gizi dan kadar airnya yang tinggi, serta banyak mengandung vitamin dan mineral. Kerusakan pada daging ditandai dengan perubahan bau dan timbulnya lendir. Biasanya kerusakan ini terjadi jika jumlah mikroba menjadi jutaan atau ratusan juta ($10^6 - 10^8$) sel atau lebih per 1 cm^2 luas permukaan daging.

Kerusakan mikrobiologi pada daging terutama disebabkan oleh pertumbuhan bakteri pembusuk dengan tanda-tanda sebagai berikut:

- Pembentukan lendir
- Perubahan warna
- Perubahan bau menjadi busuk karena pemecahan protein dan terbentuknya senyawa-senyawa berbau busuk seperti amonia, H_2S , dan senyawa lain-lain.
- Perubahan rasa menjadi asam karena pertumbuhan bakteri pembentuk asam.
- Ketengikan yang disebabkan pemecahan atau oksidasi lemak daging.

Pada daging yang telah dikeringkan sehingga nilai a_w -nya rendah, misalnya daging asap atau dendeng, kerusakan terutama disebabkan oleh pertumbuhan kapang pada permukaan. Pada daging yang dikalengkan, kerusakan dapat disebabkan oleh bakteri pembentuk spora yang kadang-kadang membentuk gas sehingga kaleng menjadi kembung.

Ikan dan Produk Ikan

Kerusakan pada ikan dan produk-produk ikan terutama disebabkan oleh pertumbuhan bakteri pembusuk. Tanda-tanda kerusakan yang disebabkan oleh pertumbuhan bakteri pada ikan yang belum diolah adalah:

- Pembentukan lendir pada permukaan ikan.

- Bau busuk karena terbentuknya amonia, H_2S dan senyawa-senyawa berbau busuk lainnya. Perubahan bau busuk (anyir) ini lebih cepat terjadi pada ikan laut dibandingkan dengan ikan air tawar.
- Perubahan warna, yaitu warna kulit dan daging ikan menjadi kusam atau pucat.
- Perubahan tekstur, yaitu daging ikan akan berkurang kekenyalannya.
- Ketengikan karena terjadi pemecahan dan oksidasi lemak ikan.

Pada ikan asin yang telah diolah dengan pengeringan dan penggaraman sehingga a_w ikan menjadi rendah, kerusakan disebabkan oleh pertumbuhan kapang. Pada ikan asin dan ikan peda yang mengandung garam sangat tinggi (sekitar 20%), kerusakan dapat disebabkan atau bakteri yang tahan garam yang disebut bakteri halofilik.

Susu dan Produk Susu

Susu merupakan salah bahan pangan yang sangat mudah rusak, karena merupakan media yang baik untuk pertumbuhan bakteri.

Tanda-tanda kerusakan mikrobiologi pada susu adalah sebagai berikut:

- Perubahan rasa menjadi asam, disebabkan oleh pertumbuhan bakteri pembentuk asam, terutama bakteri asam laktat dan bakteri koli.
- Penggumpalan susu, disebabkan oleh pemecahan protein susu oleh bakteri pemecah protein. Pemecahan protein mungkin disertai oleh terbentuknya asam atau tanpa asam.
- Pembentukan lendir, disebabkan oleh pertumbuhan bakteri pembentuk lendir.
- Pembentukan gas, disebabkan oleh pertumbuhan dua kelompok mikroba, yaitu bakteri yang membentuk gas H_2 (Hidrogen) dan CO_2 (karbon dioksida) seperti bakteri koli dan bakteri pembentuk spora, dan bakteri yang hanya membentuk CO_2 seperti bakteri asam laktat tertentu dan kamir.
- Ketengikan, disebabkan pemecahan lemak oleh bakteri tertentu.
- Bau busuk, disebabkan oleh pertumbuhan bakteri pemecah protein menjadi senyawa-senyawa berbau busuk.

Telur dan Produk Telur

Telur meskipun masih utuh dapat mengalami kerusakan, baik kerusakan fisik maupun kerusakan yang disebabkan oleh pertumbuhan mikroba. Mikroba dari air,

udara maupun kotoran ayam dapat masuk ke dalam telur melalui pori-pori yang terdapat pada kulit telur. Telur yang telah dipecah akan mengalami kontak langsung dengan lingkungan, sehingga lebih mudah rusak dibandingkan dengan telur yang masih utuh.

Tanda-tanda kerusakan yang sering terjadi pada telur adalah sebagai berikut:

- Perubahan fisik, yaitu penurunan berat, pembesaran kantung udara di dalam telur, pengenceran putih dan kuning telur.
- Timbulnya bau busuk karena pertumbuhan bakteri pembusuk.
- Timbulnya bintik-bintik berwarna karena pertumbuhan bakteri pembentuk warna, yaitu bintik-bintik hijau, hitam, dan merah.
- Bulukan, disebabkan oleh pertumbuhan kapang perusak telur.

Pencucian telur dengan air tidak menjamin telur menjadi lebih awet, karena jika air pencuci yang digunakan tidak bersih dan tercemar oleh bakteri, maka akan mempercepat terjadinya kebusukan pada telur. Oleh karena itu dianjurkan untuk mencuci telur yang tercemar oleh kotoran ayam menggunakan air bersih yang hangat.

Biji-Bijian dan Umbi-Umbian

Kandungan utama pada biji-bijian (sereal) dan kacang-kacangan) serta umbi-umbian adalah karbohidrat, oleh karena itu kerusakan pada biji-bijian dan umbi-umbian sering disebabkan oleh pertumbuhan kapang yaitu bulukan. Biji-bijian dan umbi-umbian umumnya diawetkan dengan cara pengeringan, tetapi jika proses pengeringannya kurang baik sehingga a_w bahan kurang rendah, maka sering tumbuh berbagai kapang perusak pangan.

Makanan Kaleng

Kerusakan makanan kaleng dapat dibedakan atas kerusakan fisik, kimia dan mikrobiologi. Kerusakan fisik pada umumnya tidak membahayakan konsumen, misalnya terjadinya penyok-penyok karena benturan yang keras. Kerusakan kimia dapat berupa kerusakan zat-zat gizi, atau penggunaan jenis wadah kaleng yang tidak sesuai untuk jenis makanan tertentu sehingga terjadi reaksi kimia antara kaleng dengan makanan di dalamnya. Beberapa kerusakan kimia yang sering terjadi pada makanan kaleng misalnya kaleng menjadi kembung karena terbentuknya gas

hidrogen, terbentuknya warna hitam, pemudaran warna, atau terjadi pengaratkan kaleng.

Kerusakan mikrobiologi makanan kaleng dapat dibedakan atas dua kelompok, yaitu:

1. Tidak terbentuk gas sehingga kaleng tetap terlihat normal yaitu tidak kembung.

Beberapa contoh kerusakan semacam ini adalah:

- Busuk asam, yang disebabkan oleh pembentukan asam oleh beberapa bakteri-pembentuk spora yang tergolong *Bacillus*.
- Busuk sulfida, yang disebabkan oleh pertumbuhan bakteri pembentuk spora yang memecah protein dan menghasilkan hidrogen sulfida (H_2S) sehingga makanan kaleng menjadi busuk dan berwarna hitam karena reaksi antara sulfida dengan besi.

2. Pembentukan gas, terutama hidrogen (H_2) dan karbon dioksida (CO_2) sehingga kaleng menjadi kembung, yaitu disebabkan oleh pertumbuhan berbagai spesies bakteri pembentuk spora yang bersifat anaerobik yang tergolong *Clostridium*, termasuk *C. botulinum* yang memproduksi racun yang sangat mematikan.

Penampakan kaleng yang kembung dapat dibedakan atas beberapa jenis sebagai berikut:

- Flipper, yaitu kaleng terlihat normal, tetapi bila salah satu tutupnya ditekan dengan jari, tutup lainnya akan mengembang.
- Kembung sebelah atau springer, yaitu salah satu tutup kaleng terlihat normal, sedangkan tutup lainnya kembung. Tetapi jika bagian yang kembung ditekan akan masuk ke dalam, sedangkan tutup lainnya yang tadinya normal akan menjadi kembung.
- Kembung lunak, yaitu kedua tutup kaleng kembung tetapi tidak keras dan masih dapat ditekan dengan ibu jari.
- Kembung keras, yaitu kedua tutup kaleng kembung dan keras sehingga tidak dapat ditekan dengan ibu jari. Pada kerusakan yang sudah lanjut dimana gas yang terbentuk sudah sangat banyak, kaleng dapat meledak karena sambungan kaleng tidak dapat menahan tekanan gas dari dalam

F. Evaluasi Belajar

a. Rangkuman

Beberapa fungsi dari sistem ekskresi yaitu: melihara konsentrasi ion-ion tunggal, memelihara volume air tubuh yang tepat, memelihara konsentrasi

osmotik, mengekskresikan sisa-sisa metabolisme (urea, asam urat, dll), dan mengekskresikan zat-zat asing dan atau hasil-hasil metabolisme. Termasuk organ ekskretori umum adalah : (a) *Vakuola Kontraktil* pada Protozoa, (b) *Organ Nefridial* pada Invertebrata, (c) *Kelenjar Anternal* pada uang, (d) *Saluran Malpighi* pada serangga, (e) *Ginjal* pada Vertebrata. Termasuk organ ekskretori tambahan : (a) *Insang Pada Udang-Udangan* dan ikan, (b) *Kelenjar Rektal* pada Elasmobranchiata, (c) *Kelenjar Garam* pada reptil dan burung laut, (d) *Hati* pada Vertebrata, (e) *Intestin* pada serangga.

b. Latihan dan tugas

1. Jelaskan tentang pengertian dan prinsip dasar mikrobiologi pangan?
2. Jelaskan klasifikasi mikroorganisme yang berperan dalam produk pangan?
3. Jelaskan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba pangan?
4. Jelaskan kerusakan pangan akibat mikroorganisme?

G. Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Tugas diselesaikan sebelum batas akhir pengumpulan tugas

H. Daftar Pustaka

Anonimous. 2001. Materi Penyuluhan Bagi Perusahaan Makanan Industri Rumah Tangga. Dinas Kesehatan Pemerintah Kabupaten Sleman. Sleman

Archunan, G., 2004. Microbiology. First Edition. Sarup & Sons, New Delhi

Fardiaz, S. 1992. Mikrobiologi Pangan 1. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Hidayat, N., M. C. Padaga dan S. Suhartini, 2006. Mikrobiologi Industri. Andi, Yogyakarta

BAB VII. BIOTEKNOLOGI ENZIM

A. Pengantar

Enzim merupakan biomolekul organik kompleks biasanya tersusun atas polipeptida (protein globuler). Enzim memiliki bentuk (konformasi) tertentu yang spesifik terutama pada sisi tempat berikatan dengan substrat sehingga enzim hanya berikatan dengan substrat yang spesifik atau terbatas. Enzim bersifat spesifik sebab memiliki tempat aktif yang mengakomodasi substratnya. Teknologi enzim memiliki pengertian penggunaan enzim dalam berbagai proses industri. Teknologi enzim meliputi purifikasi, isolasi, produksi, immobilisasi dan penggunaan enzim pada sistem reaktor. Kontribusi teknologi enzim dalam produksi makanan, preservasi dan sortasi energi, dan meningkatkan kualitas lingkungan.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam pemahaman tentang teknologi enzim serta pemanfaatan enzim dalam industri pangan

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Menjelaskan pengertian enzim dan sifat enzim
2. Menjelaskan mekanisme kerja enzim serta kinetika enzim
3. Menjelaskan tentang aplikasi enzim terhadap industri makanan dan minuman

D. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen

E. Materi

1. Pendahuluan

Enzim merupakan biomolekul organik kompleks biasanya tersusun atas polipeptida (protein globuler). Enzim memiliki bentuk (konformasi) tertentu yang spesifik terutama pada sisi tempat berikatan dengan substrat sehingga enzim hanya berikatan dengan substrat yang spesifik atau terbatas. Enzim bersifat spesifik sebab memiliki tempat aktif yang mengakomodasi substratnya.

Enzim memiliki peran sebagai biokatalisator dalam perubahan substansi kimia. Enzim sebagai biokatalisator berperan mempercepat terjadinya suatu reaksi tetapi tidak ikut bereaksi. Zat yang dikerjain oleh enzim disebut substrat, sedangkan hasilnya disebut dengan produk. Pada prinsipnya, nggak hidup tanpa enzim. Sebagai contoh, dalam metabolisme glukosa yaitu perubahan glukosa menjadi alkohol atau asam laktat melibatkan berbagai jenis enzim yang terdapat dalam mikroba fermenter. Selain itu, produk dari reaksi awal digunakan sebagai substrat reaksi enzim berikutnya dan seterusnya sampai dihasilkan produk akhir.

Perkembangan ipteks khususnya biokimia telah dapat diidentifikasi berbagai jenis enzim dalam makhluk hidup dan cara kerjanya. Beberapa peran enzim adalah memecah ikatan molekul-molekul zat makanan dari rantai panjang menjadi rantai pendek. Pada umumnya enzim pencernaan bekerja sebagai enzim hidrolitik (hidrolase). Teknologi enzim memiliki pengertian penggunaan enzim dalam berbagai proses industri. Teknologi enzim meliputi purifikasi, isolasi, produksi, immobilisasi dan penggunaan enzim pada sistem reaktor. Kontribusi teknologi enzim dalam produksi makanan, preservasi dan sortasi energi, dan meningkatkan kualitas lingkungan. Teknologi baru ini berasal dari biokimia, dan kontribusi mikrobiologi, kimia, dan rekayasa. Ke depan, teknologi enzim dan rekayasa genetika akan sangat diperlukan untuk ini.

Tata Cara Penamaan Enzim

Penamaan enzim menggunakan nama trivial. Nama enzim menyesuaikan dengan nama substratnya ditambah akhiran ase. Sebagai contoh, enzim yang mengkatalisir perubahan maltosa menjadi glukosa diberi nama maltase. Enzim – Enzim ang beragam dibagi menjadi enam golongan. Masing – masing golongan dibagi – bagi menjadi sub golongan , demikian seterusnya. Setiap golongan , sub golongan diberi nomor dan nama masing – masing. Penomoran ini terdiri dari empat bilangan, tiap bilangan menunjukan golongan dan sub golongan yang telah ditetapkan menurut perjanjian setiap penamaan enzim didahului dengan huruf E.C. yang berasal dari kata “Enzyme Commission”. Ctoh alkohol dehidrogenase yang reaksinya memerlukan NAD di beri nomor 1.1.1.1. Bilangan pertama (1) menunjukkan golongan oksidoreduktase. Bilangan kedua (1.1) menunjukkan bahwa enzim ini bekerja pada substrat dengan gugus –CH-OH mereduksi

Koenzim NAD atau NADP. Bilangan ketiga (1.1.1.) menunjukkan bahwa enzim ini sebagai penerima hidrogen yang dilepaskan.

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Enzim

Faktor-faktor yang mempengaruhi aktivitas enzim adalah:

1. **Derajat keasaman (pH).** Enzim dapat bekerja optimal pada pH tertentu yang sesuai sebab untuk mengubah ionisasi substrat atau residu asam amino dalam enzim. Kebanyakan enzim bekerja pada cairan buffer untuk mencegah perubahan pH selama proses berlangsung.
2. **Suhu.** Pada umumnya pada suhu yang semakin meningkat aktivitas enzim juga semakin meningkat sampai pada batas suhu maksimal. Jika sudah mencapai suhu batas maksimal, maka enzim akan mengalami kerusakan (denaturasi) karena panas sehingga aktivitasnya berkurang. Aktivitas enzim menjadi optimal pada suhu tertentu tergantung enzimnya yang disebut suhu optimal. Enzim menjadi stabil (inaktif) pada suhu penyimpanan biasanya di bawah 0 °C.
3. **Konsentrasi substrat.** Pengaruh konsentrasi substrat terhadap aktivitas enzim mengikuti persamaan Michaelis-Menten. Kurvanya berbentuk parabola.

Kofaktor dan Koenzim

Beberapa enzim memerlukan konsentrasi yang cocok dari kofaktor spesifik untuk aktivitas maksimumnya. Bagian enzim yang berupa logam anorganik (mineral) seperti Mn^{+2} , Mg^{+2} , Zn^{+2} , Fe^{+2} , dsb. Selain itu, beberapa enzim juga memiliki bagian organik (non protein), berat molekul kecil, yang secara aktif berperan menerima atau melepaskan gugus kimia tertentu sehingga membantu aktivitas maksimum disebut koenzim; misalnya: vitamin B



Cara Kerja Enzim

Teori Lock and key

Enzim + Substrat \rightleftharpoons (Enzim-Substrat) \rightleftharpoons Enzim + Produk

Enzim allosteric adalah enzim yang memiliki beberapa bentuk yang diinduksi oleh ikatan modulator-modulator metabolit kecil atau kofaktor. Inhibitor enzim penghambatan aktivitas enzim merupakan suatu mekanisme kontrol yang penting di dalam sistem biologis (*feedback*), oleh produk.

- ✓ Enzim dehidrogenase bekerja sebagai pemecahan gugus hidrogen. Sebagai contoh; *hydroxysteroid dehydrogenase*.
- ✓ Enzim *oxido-reductase* untuk mengkatalisis oksidasi dan reduksi keton atau alkohol pada C-3, 11, 17, atau 20.
- ✓ Enzim sitokrom P-450 (*cytochrome P-450*) untuk mengkatalisis pemecahan rantai samping karbon dari inti sterol, memberi gugus OH, sebagai contoh; sitokrom P-450 *sidechain cleavage* (P-450sc); sitokrom P-450 *17 α -hydroxylase* (P-450c17)

Biosintesis Enzim

Biosintesis suatu enzim bermula dari instruksi gena yang terdapat pada DNA sel. Sesuai dengan dogma sentral biologi bahwa

DNA → Transkripsi → mRNA → Translasi → Protein

Tahapan Biosintesis Enzim

- a. Transkripsi yaitu protein regulator (regulatory protein) → bagian pengatur gena (regulatory site of gene) → transkripsi → mRNA (messenger Ribonucleic acid)
- b. Translasi: mRNA → ribosoma → translasi menggunakan triplet asam amino (kodon) → protein

Aplikasi Enzim

Telah sejak lama enzim digunakan sebagai suatu cara untuk mengolah produk minuman atau makanan dengan menggunakan enzim mikroba yang belum dikenali. Proses fermentasi memerlukan enzim dari mikroba terutama jamur.

Kekurangan fermentasi menggunakan mikroba:

- a. Sebagian besar substrat diubah menjadi biomasa.
- b. Terjadi produk tidak bermanfaat.
- c. Kondisi untuk pertumbuhan organisme kemungkinan tidak sama dengan produk

d. Isolasi dan purifikasi produk yang diinginkan dari cairan fermentasi kemungkinan sangat sulit.

Keterbatasan tersebut memunculkan ide isolasi dan purifikasi, kemudian imobilisasi enzim. Ke depan, tradisional akan digantikan dengan multienzim reaktor yang memiliki efisiensi tinggi dalam penggunaan substrat, hasil yang lebih tinggi, dan hasil yang seragam. Pemanfaatan enzim murni:

1. Proses industri
2. Kedokteran klinis
3. Laboratorium praktis
4. Detergen biologis, proteinase (dihasilkan oleh ekstraseluler bakteri), digunakan untuk merendam dan diberikan langsung pada cairan

Prosedur imobilisasi enzim

1. Pengikatan enzim secara kovalen pada zat padat pendukung

Pengikatan enzim dilakukan dengan cara mengikat enzim secara kovalen ke permukaan bahan yang tak larut dalam air. Sedikitnya prosedur ini terdiri dari dua tahap, yaitu aktivasi zat pendukung dan pengikatan enzim.

2. Penjebakan enzim dalam Gel

Penjebakan (*entrapment*) enzim dalam gel dilakukan dengan cara menjebak enzim ke dalam suatu matrik atau gel yang permiabel terhadap enzim. Dalam hal ini enzim tetap berada dalam bentuknya yang asli tanpa resiko adanya penutupan bagian aktif, gugus atau molekul enzim oleh ikatan kimia. Bahan yang biasa digunakan sebagai penjebak adalah silika gel, karet silikon, pati, dan poliakrilamid. Cairan yang digunakan antara lain: kolagen, gelatin, agar karagenan, dll. Untuk memobilisasi dengan akrilamid sel dicampur dengan monomer akrilamid, agen polimerizer seperti n-n metilenebisakrilamid, potasium persulfat untuk memulai polimerisasi, beta-dimetil amino propinil yang merupakan akselerator polimerisasi, sesudah 30 – 60 menit pada suhu ambient membentuk gel yang keras dan dapat dibentuk butir-butir untuk ukuran yang sesuai, kemudian dipak dalam kolom dan dicuci dengan garam untuk menghilangkan residu bahan kimianya.

3. Enkapsulasi enzim

Metode enkapsulasi ini menggunakan membran semipermeabel. Membran ini tidak permeabel terhadap enzim dan makro molekul yang lain, namun permeabel terhadap substrat dan produk yang mempunyai berat molekul yang tinggi.

4. Adsorpsi enzim pada permukaan zat padat

Metode *physical binding* ini terhitung metode yang paling sederhana, maknanya banyak digunakan. Enzim dicampur dengan adsorbent kemudian dipacking dalam sebuah kolom. Kondisi adsorpsi tidak melibatkan spesies yang reaktif dan tidak ada modifikasi enzim. Adsorban yang banyak dipakai seperti: alumina, selulose, tanah liat, kaca, hidroksilapatit, karbon dan berbagai bahan silika.

5. Pengikat-silangan dengan bahan bergugus ganda

Metode *cross linking* ini dilakukan dengan cara pengikat-silangan dengan bahan yang cocok untuk menghasilkan partikel yang larut. Enzim dapat diimmobilisasi dengan cara pengikatan dengan dua atau lebih reagen fungsional seperti glutaraldehid atau toluenadiisosinat, atau dapat juga diikat pada cairan yang tidak larut yakni menggunakan reagen yang sama. Senyawa yang dapat digunakan dalam pengikat-silangan ini seperti: diamin alifatik, dimetil adipimat, dimetil suberimidat, dan terutama glutaraldehid. Retensi yang baik dapat diperoleh dengan metode ini, namun hal ini dapat disertai dengan hilangnya aktivitas enzim secara lebih luas

Manfaat Enzim Terimobilisasi

Ada beberapa manfaat enzim terimobilisasi, antara lain:

- a. Imobilisasi mencegah difusi enzim ke dalam campuran reaksi dan memperoleh kembali enzim tersebut dari aliran produk dengan teknik pemisahan padat/cair yang sederhana.
- b. Imobilisasi enzim digunakan untuk meningkatkan proses yang sudah ada atau menghasilkan sesuatu yang baru. Hingga tahun 1983 penerapan imobilisasi enzim terbatas pada 7 (tujuh) glukosa isomerase, 4 (empat) penisilin amidase, 3 (tiga) amino asilase dan laktase, 2 (dua) glukamilase, 1 (satu) aspartase, dan 1 (satu) fumarase.
- c. Penggunaan lebih lanjut dari imobilisasi enzim dapat dilakukan untuk analisis dan penerapan medis dan dihasilkan lebih banyak dari ide baru. mengikat enzim secara kovalen ke permukaan bahan yang tak larut dalam

air pengikatan silang dengan bahan yang cocok untuk menghasilkan partikel yang larut pengebakan dalam suatu matrik atau gel yang permiabel terhadap enzim, substrat dan produk dengan enkapsulasi dan dengan adsorpsi pada zat pendukung. skema berikut menjelaskan prosedur immobilisasi enzim

Prosedur immobilisasi

Ikatan kovalen

Hidroksialkil metakrilat (glutaraldehida)

Karboksimetil selulosa (karbodi-imida)

Pengebakan

Poliakrilamida Kolagen (gelatin)

Alginat Polistiren

Selulosa-triasetat Uretan

Agar Nilon (mikro enkapsulasi)

Karagenan

Sitosan

Adsorpsi

Resin penukar anion Penukar ion selulosa

Dowex 1 Plofinilchlorida dan porous brick

DEAE-selulosa

Ikatan silang pektat

Oksida logam

Bioadsorpsi: konkanavalin A

Pengikatan silang

Glutaraldehida

Albumin dan glutaraldehida

Gelatin dan glutaraldehida

Metode immobilisasi:

Beberapa hal yang dapat dijadikan pertimbangan penting dalam pemilihan metode immobilisasi adalah:

1. Stabilitas optimal katalis yang diimmobilisasi
2. Harga katalis yang diimmobilisasi
3. Aktivitas dan hasil katalis yang diimmobilisasi
4. Regenerabilitas katalis

5. Kesesuaian harga konfigurasi reactor

Manfaat Serta Keuntungan Enzim Terimobilisasi

Immobilisasi enzim digunakan untuk: meningkatkan proses maupun untuk menghasilkan sesuatu yang baru. Analisis dan penerapan medis

Bioteknologi Enzim Protease

Protease adalah enzim pemecah protein yang merupakan salah satu primadona ditinjau dari aplikasinya yang luas di industri, dengan nilai komersial yang tinggi. Pangsa pasar protease mencapai 60% dari total penjualan enzim dunia yang saat ini sudah mencapai 2 milyar AS (Tabel 1). Dengan peranan yang demikian menonjol, studi dan penelitian di segala aspek protease telah banyak dilakukan. Aplikasi enzim di dunia industri, bidang medis maupun sebagai alat yang membantu sejumlah metodologi penelitian telah menjadi populer karena berbagai alasan. Enzim adalah biokatalisator yang bekerja sangat efisien dan tidak pernah diperlukan dalam jumlah banyak, spesifik tanpa produk samping, dan ramah lingkungan karena merupakan komponen alamiah sel hidup. Daya guna enzim protease dalam dunia industri berkaitan dengan peranan alamiah yang sangat luas dari enzim tersebut. Enzim protease yang bersifat ekstraseluler umumnya bertugas menghidrolisa substrat polimer protein berukuran besar menjadi kecil sehingga dapat dimanfaatkan oleh sel yang menghasilkannya. Jenis protease intraseluler, yaitu yang berada di dalam sel memegang peranan penting di dalam proses pembentukan dan germinasi spora, aktifitas sifat patogenik beberapa virus, proses pematangan protein, proses fertilisasi pada mamalia, proses koagulasi darah, fibrinolisis, pengontrolan tekanan darah, turn over protein, proses diferensiasi, modifikasi dan sekresi berbagai enzim.

Sumber dan Klasifikasi

Enzim protease terdapat pada semua makhluk hidup. Namun demikian terdapat beberapa sumber penghasil protease yang sudah dimanfaatkan oleh dunia industri. Dari dunia tumbuh-tumbuhan dikenal getah pepaya sebagai penghasil papain dan nanas (daun, batang, buah) sebagai penghasil bromelin. Bagian hewan yang digunakan sebagai penghasil protease komersial adalah saluran pencernaannya (lambung, perut, usus), yang dikenal adalah bagian abomasum anak sapi sebagai penghasil renin. Pada saat ini, yang paling banyak dimanfaatkan sebagai sumber protease adalah mikroorganisme, terutama bakteri golongan *Bacillus*, dan kapang *Rhizopus*, *Aspergillus*, dan *Mucor*. Jenis

mikroorganisme lain yang telah dilaporkan sebagai penghasil protease adalah Proteus, Seratia, Endithia, Streptomyces, Thermus, Pseudomonas, dsb. Kecenderungan penggunaan protease asal mikroorganisme yang semakin meningkat ada kaitannya dengan kemudahan di dalam membudidayakan mikroorganisme sebagai pabrik hidup penghasil enzim, peningkatan efisiensi dalam waktu dan penanganan proses produksi, pengurangan ketergantungan terhadap lingkungan di dalam produksi enzim serta peluang yang lebih baik di dalam peningkatan produksi enzim maupun perbaikan kualitas enzim melalui optimasi media dan lebih-lebih lagi teknik mutasi rekayasa genetik.

Pemanfaatan Protease di berbagai Industri Industri Deterjen

Saat ini pengguna terbesar enzim protease jenis serin alkalis adalah industri deterjen. Adanya komponen enzim protease di dalam deterjen membantu daya bersihnya terhadap sejumlah kotoran yang merupakan protein. Protease yang merupakan senyawa hayati dapat menjadi alternatif yang menarik di samping usaha mereduksi penggunaan komponen fosfat sehingga dihasilkan deterjen ramah lingkungan.

Industri Pengolahan Susu (Pembuatan Keju)

Pengguna protease kedua terbesar adalah industri pembuatan keju yang memanfaatkan protease rennin. Jenis protease tersebut digunakan untuk menggumpalkan protein susu sebelum diperam menjadi berbagai jenis keju. Kecenderungan saat ini adalah mencari protease jenis renin dari mikroorganisme mengingat semakin berkurangnya sumber penghasil renin, yaitu anak sapi, karena kebutuhan penggunaannya sebagai sumber makanan manusia mikroorganisme Mucor dan Endothia dilaporkan dapat menghasilkan protease serupa renin. Usaha lain yang dilakukan oleh para ahli adalah memindahkan gen renin pada mikroorganisme inang yang cocok.

Industri Kecap, Flavor, Bir, Pengempuk Daging dan Bakery

Pengguna protease asam dan netral dari kapang Aspergillus dan Rhizopus yang paling banyak adalah industri kecap. Di Jepang dan negara Asia Timur penambahan protease (di samping penggunaan kapangnya sendiri) dilakukan untuk mereduksi waktu pembuatan kecap sehingga proses produksinya menjadi lebih efisien. Penguraian protein bahan seperti kedele, dan sel ragi membentuk

aroma tersendiri yang disukai di dalam bahan makanan sehingga protease juga dimanfaatkan untuk memproduksi flavor protein. Industri yang memanfaatkan protease jenis papain secara besar-besaran adalah industri bir dan pengempuk daging. Di dalam pembuatan bir, papain digunakan untuk menjernihkan bir, yakni mengurangi kekeruhan yang ditimbulkan oleh kompleks protein tanin. Industri penghasil "*meat tenderizer*" yang digunakan rumah tangga modern dan pabrik pengolah daging adalah pengguna lain enzim protease. Daya urai protease terhadap protein daging kolagen dan elastin menjadi penentu efektifitas proses pengempukan tersebut.

Penggunaan protease jenis papain memungkinkan pabrik pengolah daging memanfaatkan hewan yang relatif agak tua. Industri bakery memanfaatkan protease untuk membuat roti, kue atau produk seperti pizza dengan tekstur khusus yang diinginkan. Jenis protease yang banyak dimanfaatkan untuk keperluan tersebut adalah protease netral dari kapang.

Industri Sutra dan Kulit

Pemanfaatan protease lain yang telah dilaporkan adalah di dalam industri pemintalan benang sutra dan pengolahan kulit. Di dalam industri sutra, protease serin alkalis dimanfaatkan untuk menguraikan skleroprotein ulat sutra sebelum dihasilkan benang-benang sutra yang kemudian dipintal. Di dalam industri pengolahan kulit, protease serin alkalis bakteri digunakan di dalam proses penghilangan bulu dan untuk memudahkan proses pewarnaan kulit berkualitas tinggi, khususnya untuk pembuatan sepatu dan tas. Penggunaan protease di kedua jenis industri tersebut dapat menekan keperluan menggunakan pereaksi atau kondisi proses yang dapat merusak lingkungan

Dunia Medis dan Peternakan

Protease asal mikroorganisme digunakan sebagai komponen salep penghalus bekas operasi dan sebagai komponen obat-obatan pembantu pencernaan. Dengan daya proteolitiknya protease juga merupakan enzim yang digunakan besar-besaran sebagai campuran makanan ternak. Penambahan enzim dilaporkan telah memperbaiki kualitas pertumbuhan beberapa hewan ternak.

Protease dan Bioteknologi Mutakhir

Protease dimanfaatkan juga di dalam teknik-teknik bioteknologi mutakhir, misalnya proses ekstraksi dan isolasi DNA menggunakan proteinase (termosil) untuk menguraikan komponen protein sel yang dapat mengganggu atau bersifat sebagai kontaminan. Telah disebutkan terdahulu, protease tripsin, khimotripsin dan termosilin sudah dimanfaatkan di dalam teknik penderetan asam amino yang sangat penting untuk usaha kloning dan rekayasa protein. Protease juga dimanfaatkan untuk analisis protein yang bersifat terapeutik (keperluan biomedis) serta pengolahan sejumlah protein rekombinan

F. Evaluasi Belajar

a. Rangkuman

Enzim merupakan biomolekul organik kompleks biasanya tersusun atas polipeptida (protein globuler). Enzim memiliki bentuk (konformasi) tertentu yang spesifik terutama pada sisi tempat berikatan dengan substrat sehingga enzim hanya berikatan dengan substrat yang spesifik atau terbatas. Enzim bersifat spesifik sebab memiliki tempat aktif yang mengakomodasi substratnya. Enzim memiliki peran sebagai biokatalisator dalam perubahan substansi kimia. Enzim sebagai biokatalisator berperan mempercepat terjadinya suatu reaksi tetapi tidak ikut bereaksi. Zat yang dikerjain oleh enzim disebut substrat, sedangkan hasilnya disebut dengan produk. Beberapa enzim memerlukan konsentrasi yang cocok dari kofaktor spesifik untuk aktivitas maksimumnya. Bagian enzim yang berupa logam anorganik (mineral) seperti Mn^{+2} , Mg^{+2} , Zn^{+2} , Fe^{+2} , dsb. Selain itu, beberapa enzim juga memiliki bagian organik (non protein), berat molekul kecil, yang secara aktif berperan menerima atau melepaskan gugus kimia tertentu sehingga membantu aktivitas maksimum disebut koenzim

b. Latihan dan Tugas

1. Sebutkan pengertian dari enzim?
2. Jelaskan Tata cara penamaan enzim?
3. Jelaskan faktor yang mempengaruhi aktivitas Enzim?
4. Jelaskan prosedur imobilisasi enzim?
5. Jelaskan manfaat enzim termobilisasi dalam pangan !

c. Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Tugas diselesaikan sebelum batas akhir pengumpulan tugas

G. DAFTAR PUSAKA

Matthews. C.K., Van Holde, K.E. and Ahern, K.G., (2000), Biochemistry, 3rd Edition, Addison Wesley Pub. Co., San Fransisco, p. 340-375

Nurchahyo H. 2011. Diktat Bioteknologi. Jurusan Pendidikan Biologi. Universitas Negeri Yogyakarta

Sadikin, Moh, Haji, (2002), Biokimia Enzim, cetakan I, Widya Medika, Jakarta, h. 23-115

BAB VIII. BIOTEKNOLOGI FERMENTASI

A. Pengantar

Bioteknologi Pengolahan dan pengawetan makanan atau minuman dengan menggunakan mikroba bertujuan agar zat makanan tidak lekas busuk (rusak), selain itu, juga memiliki rasa dan bau yang enak (khas) serta kandungan gizi yang kaya dan lengkap melalui proses fermentasi. Fermentasi merupakan suatu cara yang telah dikenal dan digunakan sejak lama sejak jaman kuno. Fermentasi merupakan suatu cara untuk mengubah substrat menjadi produk tertentu yang dikehendaki dengan menggunakan bantuan mikroba. Bioteknologi berbasis fermentasi sebagian besar merupakan proses produksi barang dan jasa dengan menerapkan teknologi fermentasi atau yang menggunakan mikroorganisme untuk memproduksi makanan dan minuman seperti: keju, yoghurt, minuman beralkohol, cuka, sirkol, acar, sosis, kecap, dll. Produk-produk tersebut biasanya dimanfaatkan sebagai minuman atau makanan. Bioteknologi fermentasi, teknologi fermentasi merupakan teknologi yang menggunakan mikroba untuk memproduksi makanan dan minuman.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam mengetahui dan memahami tentang Bioteknologi Fermentasi serta produk – produk pangan yang dihasilkan melalui proses fermentasi

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Menjelaskan pengertian dan sejarah fermentasi
2. Menjelaskan Prinsip dasar fermentasi
3. Mengetahui prinsip kultur mikroba dalam media cair
4. Menjelaskan metode fermentasi
5. Mampu menjelaskan tentang bioreaktor dan jenis – jenis bioreaktor
6. Mengetahui produk yang dihasilkan melalui proses fermentasi

D. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen dan diskusi

E. Materi

1. Pendahuluan

Sejarah Fermentasi

Tahun Fermentasi merupakan suatu cara yang telah dikenal dan digunakan sejak lama sejak jaman kuno.

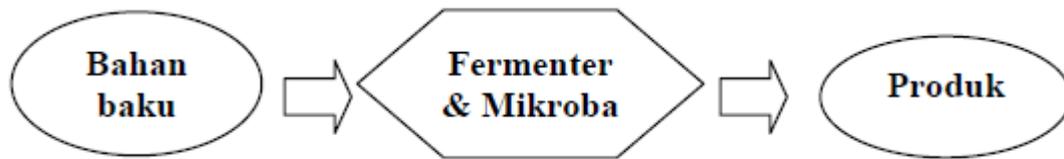
- 6000-4000 SM: teknologi fermentasi pembuatan bir di Sumeria dan Mesir
- Abad ke-14: distilasi untuk menghasilkan minuman beralkohol tinggi di Cina
- Dauh Sebelum 1865 : teknologi pembuatan bir, anggur, keju, yogurt, dan makanan lainnya sebagai hasil dari proses fermentasi (era pra-Pasteur)
- 1865-1940: teknologi pembuatan etanol, butanol, aseton, gliserol, asam-asam organik (era Pasteur).

Fermentasi dapat dibedakan menjadi:

- a. fermentasi aerob jika memerlukan oksigen mengubah substrat gula menjadi dan hasil akhirnya asam piruvat dan karbondioksida (CO₂), dan
- b. fermentasi anaerob jika tidak memerlukan oksigen, gula akan diubah menjadi asam piruvat, kemudian asetaldehida dan akhirnya menjadi alkohol; etanol atau methanol dan asam laktat.

Sebagai suatu proses fermentasi memerlukan:

1. Mikroba sebagai inokulum (starter).
2. Tempat (wadah) untuk menjamin proses fermentasi berlangsung dengan optimal.
3. Substrat sebagai tempat tumbuh (medium) dan sumber nutrisi bagi mikroba.
4. Produk, sesuatu yang dihasilkan dari proses fermentasi.



Gambar 1: Skema Proses Fermentasi

Fermentasi sebagai suatu proses memerlukan:

Prinsip-prinsip Fermentasi

Hal-hal yang perlu diperhatikan agar fermentasi dapat berjalan dengan optimal, maka harus memperhatikan faktor-faktor berikut ini:

1. Aseptis: terbebas dari kontaminan
2. Volume kultur relatif konstan (tidak bocor atau menguap)
3. Kadar oksigen terlarut harus memenuhi standar
4. Kondisi lingkungan seperti: suhu, pH harus terkontrol.
5. Komposisi medium pertumbuhan harus mencukupi kebutuhan mikroba.
6. Penyiapan inokulum harus murni.
7. Sifat fermentasi
8. Prinsip kultivasi mikroba dalam sistem cair
9. Desain bioreaktor (fermenter)
10. Desain medium
11. Instrumentasi dan pengendalian proses dalam bioreaktor
12. Teknik pengukuran
13. Pemindahan massa dan energi
14. Peningkatan skala
15. Fermentasi substrat padat
16. Kultur biakan murni (isolat)
17. Tahap produksi akhir.

Sifat Fermentasi

1. Aerob memerlukan adanya oksigen.
2. Anaerob tidak memerlukan adanya oksigen.

Desain fermenter (bioreaktor)

Istilah fermenter (bioreaktor) digunakan untuk tempat berlangsungnya proses fermentasi. Pada prinsipnya fermenter harus menjamin pertumbuhan mikroba dan produk dari mikroba di dalam fermenter. Semua bagian di dalam fermenter pada

kondisi yang sama dan semua nutrisi termasuk oksigen harus tersedia merata pada setiap bagian dalam fermenter dan produk limbah seperti; panas, CO₂, dan metabolit harus dapat dikeluarkan (*remove*). Fermenter sebagai wadah harus dapat memberikan kondisi lingkungan fisik yang cocok bagi katalis sehingga dapat berinteraksi secara optimal dengan substrat. Oleh karena itu, wadah perlu didesain sedemikian rupa sehingga proses dalam wadah dapat dimonitor dan dikontrol. Masalah utama fermenter untuk produksi skala besar adalah pemerataan medium kultur dalam fermenter. Harus homogen artinya medium kultur harus tercampur merata. Oleh karena itu, wadah perlu didesain sedemikian rupa sehingga proses dalam wadah dapat dimonitor dan dikontrol. Fermenter memberikan kondisi lingkungan fisik yang cocok bagi katalis sehingga dapat berinteraksi secara optimal dengan substrat. Desain fermenter mulai dari yang sederhana (tangki dengan putaran) sampai yang *integrated system* dengan komputer.

Teknologi medium

Medium sebagai tempat tumbuh dan berkembang harus menjamin ketersediaan dan kebutuhan mikroba untuk hidup dan tumbuh berkembang. Medium biasa disebut substrat. Medium harus mengandung nutrisi dan oksigen yang dibutuhkan mikroba. Mikroba berada dalam medium yang mengandung nutrisi sebagai substrat untuk tumbuh dan berkembang bercampur dengan produk-produk yang dihasilkan termasuk limbah. Medium kebanyakan berasal dari tumbuhan dan sedikit dari produk hewani. Sebagai contoh; biji-bijian (*grain*), susu (*milk*). *Natural raw material* berasal dari hasil pertanian dan hutan. Karbohidrat; gula, pati (tepung), selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Berdasarkan bentuknya substrat dapat dibedakan menjadi:

- Substrat cair sebagai contoh air untuk pembuatan anggur.
- Substrat semi cair sebagai contoh media untuk pembuatan yoghurt.
- Substrat padat sebagai contoh media yang digunakan untuk produksi tempe, oncom, kecap, kompos dsb. *Solid substrate fermentation* (SSF), melibatkan jamur berfilamen, yeast atau *Streptomyces*.

Inokulum

Inokulum adalah agen hayati (*living thing*) meliputi organisme dan komponen sub-selulernya. Mikroba memiliki sifat khas sehingga dapat digunakan sebagai agen untuk memproduksi bahan-bahan kimia yang diperlukan oleh manusia. Mikroba memiliki kemampuan mensintesis berbagai senyawa di alam dan juga dapat menghasilkan berbagai jenis enzim yang dapat dimanfaatkan dalam industri pengolahan makanan, bahan kimia, dan/atau bahan farmasi. Enzim yang dihasilkan merupakan katalisator yang mendorong terjadinya proses sintesis dan perombakan bahan baku.

Mikroba industri merupakan kunci kegagalan atau keberhasilan suatu fermentasi atau kultivasi. Kriteria Mikroba Industri:

- Merupakan galur murni
- Sifat genetiknya stabil
- Dapat menghasilkan sel vegetatif, spora atau unit-unit reproduktif lain
- Mampu tumbuh dengan cepat setelah diinokulasi
- Mampu menghasilkan produk yang diinginkan dalam waktu yang pendek & tidak menghasilkan produk sampingan yang toksik
- Mampu melindungi diri dari kontaminasi (pH, suhu, inhibitor)
- Dapat disimpan dalam jangka waktu yang panjang
- Galur dapat dikembangkan kualitasnya, sehingga produksinya meningkat

Mikrobia yang umumnya terlibat dalam fermentasi adalah bakteri, khamir, dan kapang

- Bakteri *Acetobacter xylinum* pada pembuatan nata decoco
- Khamir *Saccharomyces cerevisiae* dalam pembuatan alkohol
- Kapang *Rhizopus sp* pada pembuatan tempe

Mikroba dapat digolongkan menjadi:

(1) kelompok bakteri:

Bacillus sp, Lactobacillus sp, Streptococcus sp. Eschericia sp.

(2) kelompok jamur: *Aspergillus sp. Penicillium sp.*

(3) kelompok khamir (yeast): *Saccharomyces sp.*

Reaksi fermentasi multifase

1. Fase gas (mengandung N₂, O₂ dan CO₂)
2. Fase cair (medium cair dan substrat cair), dan
3. Fase padat.

Prinsip kultivasi mikroba dalam sistem cair

Medium sebagai tempat tumbuh dan berkembang harus menjamin ketersediaan kebutuhan sel untuk hidup dan tumbuh berkembang. Medium mengandung nutrisi dan oksigen yang dibutuhkan sel. Mikroba berada dalam cairan yang mengandung nutrisi sebagai substrat untuk tumbuh dan berkembang bercampur dengan produk-produk yang dihasilkan termasuk limbah. Nutrisi dan oksigen yang diperlukan untuk pertumbuhan optimal mikroba harus tercampur merata (homogen) pada semua bagian fermenter. Mikroba berada dalam cairan yang mengandung nutrisi sebagai substrat untuk tumbuh dan berkembang bercampur dengan produk-produk yang dihasilkan termasuk limbah. Nutrisi dan oksigen yang diperlukan untuk pertumbuhan optimal mikroba harus tercampur merata (homogen) pada semua bagian fermenter. Untuk mendapatkan sistem fermentasi yang optimum, maka fermenter harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- Bebas dari kontaminan
- Volume kultur relatif konstan (tidak bocor atau menguap)
- Kadar oksigen terlarut harus memenuhi standar
- Kondisi lingkungan seperti: suhu, pH harus terkontrol. *Stirred tank reactor* system model yang banyak dipakai.

Sistem fermentor tertutup dan terbuka

1. *Tertutup*, semua nutrisi ditambahkan pada awal fermentasi dan pada akhir fermentasi dikeluarkan bersama produknya. Sebagai contoh: pembuatan bir (*brewing*), antibiotik, dan enzim. *All in all out*.
2. *Terbuka (kontinyu)*, jika seluruh komponen sistem seperti mikroorganisme dan nutrisi secara terus menerus terjadi pemasukan medium kultur dan pengeluaran biomas bersama produk-produk fermentasi lainnya. Sebagai contoh: SCP (petrokimia).

Tipe fermenter

Desain fermenter mulai dari yang sederhana (tangki dengan putaran) sampai yang *integrated system* dengan komputer. Fermenter berdasarkan system tipe operasinya dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

1. Septis untuk pembuatan pengembang roti, bir (*brewing*).
2. Aseptis untuk memproduksi *fine product* seperti: antibiotik, asam amino, polisakarida dan *single cell protein* (SCP).

Skala fermenter

Fermenter berdasarkan skala produksinya dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

1. Skala kecil (*small scale*); untuk industri rumah tangga (*home industry*)
2. Skala besar (*large scale*); untuk industri skala besar (*petrokimia industry*).

Masalah utama fermenter untuk produksi skala besar adalah pemerataan medium kultur dalam fermenter. Harus homogen artinya medium kultur harus tercampur merata.

Desain Media

Medium untuk fermentasi biasa disebut substrat. Biasanya pada teknologi fermentasi digunakan bahan dasar yang mengandung karbon. Oleh karena itu, kebanyakan berasal dari tumbuhan dan sedikit dari produk hewani. Sebagai contoh; biji-bijian (*grain*), susu (milk). *Natural raw material* berasal dari hasil pertanian dan hutan. Karbohidrat; gula, pati (tepung), selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

1. Gula, bahan makanan yang mengandung gula mudah dan relatif mudah didapatkan untuk proses biotek.
2. Pati, jagung, padi, ganum, kentang, dan pohong (kassava) didegradasi menjadi gula sederhana (monosakarida) dengan hidrolisis sebelum fermentasi. Pati juga dapat digunakan sebagai bahan bakar non minyak (etanol).
3. Selulosa
4. Substrat dari limbah industri: Molase (tetes tebu), mengandung 50 % gula sebagai substrat untuk produksi antibiotik, asam organik. Whey (air dadih), Damen dan ampas tahu, bahkan urine hewan ternak

Berdasarkan bentuknya substrat dapat dibedakan menjadi:

1. Substrat cair sebagai contoh air untuk pembuatan anggur. Media ini digunakan untuk menambah biomassa sel pada pertumbuhan bakteri, ragi dan mikroalga.
2. Substrat semi cair sebagai contoh media untuk pembuatan yoghurt. Media ini digunakan untuk pertumbuhan mikroba yang banyak memerlukan kandungan air dan hidup anaerobic untuk menambah biomassa sel.
3. Substrat padat sebagai contoh media yang digunakan untuk produksi tempe oncom, kecap, kompos dsb. *Solid substrate fermentation* (SSF), melibatkan jamur berfilamen, yeast atau *Streptomyces*. Media padat umumnya dipergunakan untuk menumbuhkan bakteri, jamur dalam peremajaan dan pemeliharaan kultur murni dalam bentuk agar miring.

Substrat dari limbah industri seperti: Molase (tetes tebu), mengandung 50 % gula sebagai substrat untuk produksi antibiotik, asam organik. Whey (air dadih), Dams dan ampas tahu, bahkan urine hewan ternak. Adalah Untuk menumbuhkan dan mengembangkan mikroba

- Media mengandung semua unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroba
- Media mempunyai tekanan osmosa dan derajat keasaman yang sesuai untuk mikroba
- Media harus dalam keadaan steril

Inokulum

Jasad hidup (*living thing*) meliputi organisme (mikroba) dan komponen sub selulernya dalam konteks bioteknologi merupakan organisme renik yang ada di alam. Mikroba memiliki sifat khas sehingga dapat digunakan sebagai sarana untuk memproduksi bahan-bahan kimia yang diperlukan oleh manusia. Mikroba memiliki kemampuan mensintesis berbagai senyawa di alam dan juga dapat menghasilkan berbagai jenis enzim yang dapat dimanfaatkan dalam industri pengolahan makanan, bahan kimia, dan/atau bahan farmasi.

Enzim yang dihasilkan merupakan katalisator yang mendorong terjadinya proses sintesis dan perombakan makhluk hidup.

1. Bakteri: *Bacillus sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Streptococcus sp.* *Eschericia sp.*
2. Jamur: *Aspergillus sp.* *Penicillium sp.*
3. Jamur filamentous:
4. Khamir (yeast): *Saccharomyces sp*

KULTUR ALAMI: dilakukan pada proses fermentasi tradisional yang memanfaatkan mikroorganisme yang ada di lingkungan (gatot dan growol yang dibuat dari singkong)

KULTUR MURNI: mikroorganisme yang akan digunakan dalam fermentasi dengan sifat dan karakteristik yang diketahui dengan pasti sehingga produk yang dihasilkan memiliki stabilitas kualitas yang jelas Sebagai contoh:

- Kultur murni tunggal: *Lactobacillus casei* pada fermentasi susu
- Kultur murni campuran: pada kecap yang menggunakan *Aspergillus oryzae* (fermentasi kapang), bakteri *Pediococcus sp* (fermentasi garam), dan khamir *Saccharomyces ruuxii*.

Sumber Mikroba

Sumber mikroba industri: sumber alami atau lembaga koleksi kultur

Sumber alami: tanah, air, sayuran segar/busuk, tanaman/hewan, limbah dll jumlah dan jenis mikroba sangat beragam

Tahap pertama dalam seleksi mikroba yang akan digunakan untuk industri :

□ isolasi mikroba, sehingga diperoleh kultur murni (semua sel dlm populasi identik & berasal dari sel induk yang sama □ sifat morfologi & fisiologi seragam).

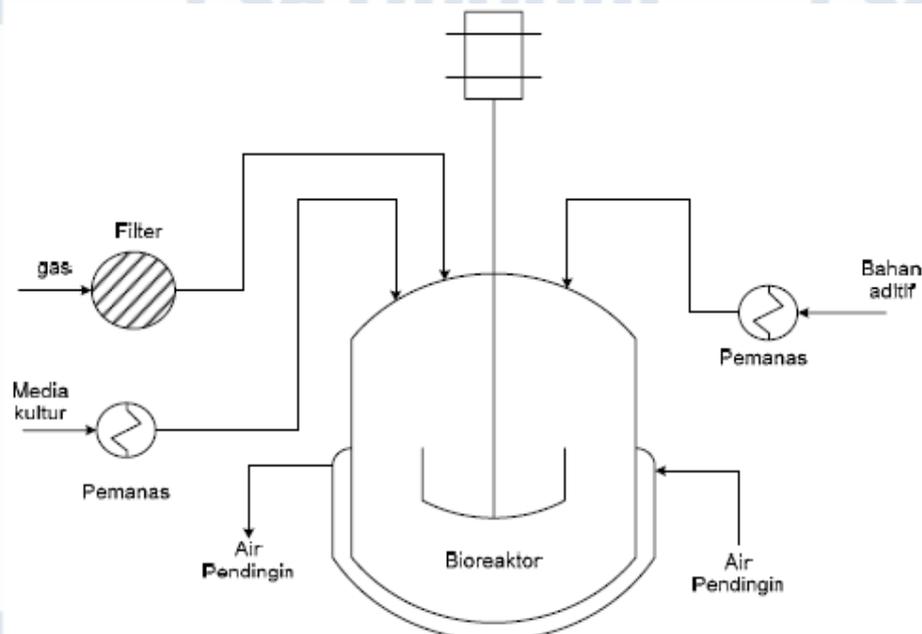
- Setelah itu dilakukan seleksi sehingga diperoleh galur dengan kinerja terbaik
- Terakhir baru dilakukan identifikasi dengan menggunakan kunci-kunci yang sesuai, sehingga diketahui nama (klasifikasi) mikroba tersebut
- Mikroba yang telah diperoleh harus disimpan dengan teknik penyimpanan yang baik, sehingga kemurniannya terpelihara dalam jangka waktu yang panjang.

Desain Bioreaktor (Fermentor)

Wadah (fermenter) memberikan kondisi lingkungan fisik yang cocok bagi katalis sehingga dapat berinteraksi secara optimal dengan substrat. Pada prinsipnya

fermenter harus menjamin pertumbuhan mikroba dan produk dari mikroba di dalam fermenter. Semua bagian di dalam fermenter pada kondisi yang sama dan semua nutrisi termasuk oksigen harus tersedia merata pada setiap sel dalam fermenter dan produk limbah seperti; panas, CO₂, dan metabolit harus dapat dikeluarkan (*remove*). Oleh karena itu, wadah perlu didesain sedemikian rupa sehingga proses dalam wadah dapat dimonitor dan dikontrol. Bioreaktor adalah suatu tangki yang di dalamnya terjadi proses kimia yang melibatkan mikroorganisme atau zat-zat biokimia yang dihasilkan oleh mikroorganisme

Proses aktivitas organisme dalam bioreaktor sangat dipengaruhi oleh kondisi-kondisi: pH, suhu dan lain-lain, oleh karena itu pada bioreaktor dilengkapi oleh Kontrol Aliran Gas (seperti O₂, N₂, CO₂), suhu, pH, Kadar oksigen terlarut, kecepatan putar pengaduk. Untuk mencegah terjadinya kontaminasi produksi dari lingkungan luarnya bioreaktor dan semua pipa pendukung harus disterilkan (biasanya dengan uap yang bertekanan tinggi). Sterilisasi berarti hilangnya berbagai macam bentuk organisme yang dapat tumbuh, baik organisme yang menguntungkan maupun yang merugikan dan organisme yang dapat merusak maupun mematikan kultur murni yang dilakukan. Organisme ini dapat berbentuk seperti bakteri, virus, fungi, spora dan mikroorganisme yang lainnya. Untuk mencegah masuknya kontaminan melalui udara ke dalam sistem, udara yang masuk harus terlebih dahulu dilewatkan melalui glass wool yang steril



Gambar 1 Desain Fermentor

Pada skala laboratorium atau industri skala kecil (small scale), pemerataan medium dalam fermenter dapat dilakukan cukup dengan mengocok atau memakai shaker. Pada skala besar (large scale) dengan volume 2.000 liter, maka perlu desain fermenter khusus yang menjamin medium dapat tercampur homogen. Masalah utama fermenter untuk produksi skala besar adalah pemerataan medium kultur dalam fermenter. Harus homogen artinya medium kultur harus tercampur merata. Untuk mendapatkan sistem fermentasi yang optimum, maka fermenter harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Terbebas dari kontaminan
2. Volume kultur relatif konstan (tidak bocor atau menguap)
3. Kadar oksigen terlarut harus memenuhi standar
4. Kondisi lingkungan seperti: suhu, pH harus terkontrol. *Stirred tank reactor system* model yang banyak dipakai.

KULTIVASI MIKROBA

Adalah Upaya pemeliharaan bagi pertumbuhan mikroba. Untuk berhasilnya kultivasi mikroba diperlukan teknik aseptik, medium serta lingkungan fisik yang sesuai. Lingkungan dipengaruhi oleh:

- Temperatur
- Kelembaban
- kadar oksigen
- pH, dan
- tekanan osmosis

Kurva Pertumbuhan

Bila sel ditumbuhkan pada kultur curah, maka sel akan tumbuh dengan melalui : fase lag, fase eksponensial (fase log), fase stasioner dan akhirnya fase kematian. Mengapa populasi sel meningkat dengan cara eksponensial ?

- Perhatikan sel tunggal di dalam bioreaktor- Sel ini membelah diri tiap jam (pembelahan biner).
- Populasi sel pada tiap waktu generasi dapat digambarkan sbb.

Bila 1 sel membelah menjadi 2 sel ► 2 □ 4 □ 8 dst

1 □ 2¹ □ 2² □ 2³ □ 2⁴ □ 2ⁿ = N (jumlah sel)

Pangkat (eksponen) n = jumlah generasi

Peningkatan skala (*Up Scalling*)

Proses fermentasi berkembang dalam 3 tahap.

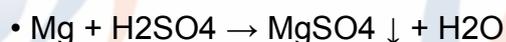
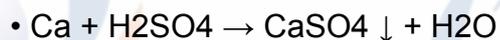
1. Tahap perintisan (laboratorium)
2. *Pilot plan*, dan
3. Skala lapangan (ekonomi).

Kondisi lingkungan meliputi: faktor kimia (konsentrasi substrat) dan faktor fisik (perpindahan medium, pencampuran medium). Faktor fisik menimbulkan problem pada skala besar. Sehingga perlu designer dari teknik kimia.

Proses Menghilir (*Downstreaming Process*)

Merupakan suatu proses pemurnian bahan baku sebelum dimasukkan dalam bioreaktor untuk proses fermentasi. Terdiri dari 2 proses:

1. Proses pemurnian bahan baku: Menghilangkan kotoran-kotoran atau bahan pengganggu yang terkandung dalam media kultur seperti pada proses fermentasi alkohol, dilakukan proses pemisahan kandungan Ca dan Mg yang terkandung dalam gula dengan menggunakan H₂SO₄ dengan reaksi sbb :



• Setelah diperoleh endapan CaSO₄ dan MgSO₄ dipisahkan menggunakan separator sentrifugal.

2. Proses sterilisasi: Mematikan mikroorganismenya yang dianggap mengganggu proses fermentasi dengan cara pemanasan sampai suhu 120 °C.

Aplikasi Kultur Curah:

- Digunakan untuk memproduksi biomassa, metabolit primer dan metabolit sekunder
- Untuk produksi biomassa □ digunakan kondisi kultivasi yang mendukung pertumbuhan biomassa, sehingga mencapai maksimal
- Untuk produksi metabolit primer □ kondisi kultivasi harus dapat memperpanjang fase eksponensial yang dibarengi dengan sintesis produk
- Untuk produksi metabolit sekunder □ kondisi kultivasi harus dapat memperpendek fase eksponensial dan memperpanjang fase stasioner

KULTUR SINAMBUNG

- Media segar secara kontinyu ditambahkan ke dalam bioreaktor, dan pada saat
- yang bersamaan cairan kultivasi dikeluarkan (Sistem Terbuka) Sel mikroba secara kontinyu berpropagasi menggunakan media segar yang masuk, dan pada saat yang bersamaan produk, produk samping metabolisme dan sel dikeluarkan dari bioreaktor volume tetap
- Bioreaktor kultur sinambung membutuhkan lebih sedikit pembersihan dibandingkan sistem curah.
- Dapat menggunakan sel mikroba imobil untuk memaksimalkan waktu tinggalnya (retensi), sehingga meningkatkan produktivitasnya. Imobilisasi sel: penempatan mikroba pada ruang/daerah tertentu, sehingga dapat mempertahankan kestabilannya & dapat digunakan berulang-ulang (contoh : menumbuhkan/melekatkan mikroba pada *carrier*)

Kultur Sinambung

Kelebihan:

1. Produktivitas lebih tinggi, penyebab:

- lebih sedikit waktu persiapan bioreaktor per satuan produk yang dihasilkan
- laju pertumbuhan & konsentrasi sel dapat dikontrol □ dengan mengatur laju dilusi
- pemasokan oksigen dan pembuangan panas dapat diatur

2. Dapat dijalankan pada waktu yang lama

3. Cocok untuk proses yang resiko kontaminasinya rendah (contohnya penanganan limbah cair) & produk yang berasosiasi dengan pertumbuhan

4. Pemantauan dan pengendalian proses lebih sederhana

5. Tidak ada akumulasi produk yang menghambat

Dengan mengontrol laju dilusi □ dimungkinkan untuk mempertahankan laju pertumbuhan spesifik yang optimal untuk pembentukan produk.

Kelemahan:

- Aliran umpan yang lama
- risiko kontaminasi besar (operasi harus hati-hati & desain peralatan lebih baik).
- Peralatan untuk operasi dan pengendalian proses harus bisa tetap bekerja baik untuk waktu yang lama.

- Memerlukan mikroba dengan kestabilan genetik tinggi, karena akan digunakan pada waktu yang lama
- Terjadinya degenerasi galur mikroba yang digunakan akibat mutasi spontan menyebabkan penurunan produk yang dihasilkan.
- Sebaiknya ada konsumen/permintaan yang tetap terhadap produk spy efisien

Start-Up

- Kultivasi sinambung diawali dengan kultivasi curah.
- Setelah kultur mencapai fase eksponensial, lalu umpan dimasukkan.
- Bila komposisi media saat start-up sama dengan umpan, perubahan dari curah ke sinambung menyebabkan konsentrasi sel atau produk berosilasi (A) □ penyebab: kultur mikroba mengalami hambatan oleh substrat). □ dicegah dengan komposisi media saat start-up 1/2 umpan (B)
- Penambahan umpan dilakukan kira-kira setelah konsentrasi sel $\frac{1}{2}$ konsentrasi sel saat “*steady-state*” (biomassa, substrat & produk tidak berubah dan laju metabolisme sel konstan).

Aplikasi Kultur Sinambung

Digunakan untuk penelitian fisiologi dan biokimia mikroba, dikarenakan kondisinya mantap, laju pertumbuhan dapat diatur oleh laju alir dan laju pertumbuhan dibatasi oleh konsentrasi substrat pembatas □ dapat digunakan untuk penelitian pengaruh substrat pembatas terhadap kinerja mikroba, untuk perbaikan sistem curah/semi sinambung.

- Untuk isolasi dan seleksi mikroba penghasil enzim menggunakan media diperkaya
- Untuk produksi biomassa, contoh ICI (Imperial Chemical Industries, kapasitas bioreaktor 3000 m³, substrat metanol)
- Untuk produksi bir menggunakan bioreaktor menara (tower bioreactor)

Kultur Semi Sinambung (*Fed-Batch*)

- Media segar ditambahkan ke dalam bioreaktor tanpa pengeluaran isi bioreaktor.
- Pada kultur *fed batch*, media segar ditambahkan ke dalam bioreaktor tanpa pengeluaran isi bioreaktor secara kontinyu.
- Harus disediakan ruang dalam bioreaktor untuk penambahan media

- Pada saat isi bioreaktor penuh, bioreaktor dikosongkan, baik sebagian atau seluruhnya dan proses dimulai kembali.
- Dapat mengurangi efek represif sumber karbon akibat penggunaan konsentrasi substrat yang tinggi dan mempertahankan kapasitas aerasi dalam bioreaktor

APLIKASI BIOTEK FERMENTASI DALAM PRODUKSI MAKANAN DAN MINUMAN

- Fermentasi Tempe
- Fermentasi Tape
- Fermentasi alkohol
- Fermentasi Vitamin
- Fermentasi Yogurt
- Fermentasi Kefir
- Fermentasi Keju
- Fermentasi Nata deCoco
- Fermentasi teh Kombucha
- Fermentasi Kecap

Fermentasi tempe

Tempe merupakan hasil fermentasi dari kedelai (yang telah direbus ~_~) menggunakan jamur *Rhizopus oryzae*

Bahan Baku Tempe:

- Usar: Mengandung *Rhizopus*
- Kedelai: Bahan baku utama, kaya protein
- Air
- Asam asetat/laktat: Digunakan untuk menghambat bakteri

Fermentasi tape

Tape dibuat dari ubi kayu ataupun beras ketan

Ada 3 mikroorganisme yang berperan:

- *Endomycopsis fibuliger*: merombak pati menjadi gula
- *Saccharomyces* dan *Candida*: mengubah tape menjadi alkohol
- *Acetobacter aceti*: mengubah alkohol menjadi asam asetat dan membuat berasa asam

Fermentasi alkohol

Mikroorganisme yang terlibat terutama adalah khamir dari genus *Saccharomyces* sp.

(*S. cerevisiae* dan *S. carlbergensis*): Mengubah gula pada substrat menjadi alkohol pada kondisi aerob.

Fermentasi yogurt

Produksi yogurt dimulai dengan kondisioning susu. Bakteri yang berperan *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*.

Pembuatan Yogurt

1. Susu segar beku
2. Perendaman susu (*tawing*)
3. Pembukaan kemasan susu
4. Pasteurisasi
5. Penyiapan bakteri
6. Pencampuran bakteri dengan susu
7. Inkubasi (wadah inkubator bisa berupa lampu listrik 25 watt selama 4 jam/ stiroformbox)
8. Penyimpanan

Fermentasi Kefir

Spesies mikrobial dalam bibit kefir diantaranya *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus kefir*, *Lactobacillus kefirgranum*, *Lactobacillus parakefir*: mempunyai fungsi dalam pembentukan asam laktat dari laktosa. *Lactobacillus kefiranofaciens* sebagai pembentuk lendir (matriks butiran kefir) *Leuconostoc sp.* Membentuk diasetil dari sitrat *Candida kefir* pembentuk etanol dan karbondioksida dari laktosa.

Fermentasi Keju

Dibuat dengan menambahkan kultur bakteri pembentuk asam laktat (*Lactobacillus sp*) ke dalam susu yang telah dipasteurisasi, kemudian dilanjutkan dengan menambahkan enzim rennin sebagai bahan penggumpal susu

Fermentasi Nata deCoco

Adalah Selulosa murni produk kegiatan mikrobial *Acetobacter xylinum*: merubah gula menjadi selulosa

Fermentasi Kombucha Minuman tradisional hasil fermentasi larutan teh dan gula dengan menggunakan starter mikrobial kombucha (*Acetobacter xylinum* dan beberapa jenis khamir) dan difermentasi selama 8 – 12 hari

Fermentasi Kecap

Kedelai rebus difermentasi oleh kapang *Aspergillus* sp. dan *Rhizopus* sp. Menjadi semacam tempe kedelai. Kemudian "tempe" ini dikeringkan dan direndam di dalam larutan garam (Mikroba yang tumbuh pada rendaman kedelai pada umumnya dari jenis khamir dan bakteri tahan garam, seperti khamir *Zygosaccharomyces* dan bakteri susu *Lactobacillus*): Merombak protein menjadi asam-asam amino dan komponen rasa dan aroma, serta menghasilkan asam.

Produk Fermentasi

Dalam dimensi baru teknologi fermentasi mikroorganisme berperan untuk menghasilkan:

- a. Biomass (*single cell protein*)
- b. Metabolit primer penting tertentu dalam skala yang lebih besar seperti gliserol, asam asetat, asam laktat, aseton, butanol dan butanadiol, serta berbagai asam organik, asam amino, vitamin, polisakarida dan xanthan.
- c. Metabolit sekunder yang berguna (kelompok metabolit yang tidak memainkan peranan langsung dalam kehidupan mikroorganisme) seperti penisilin, steptomisin, oksitetrasiklin, sefalosporin, gibelerin, alkaloid dan aktinomisin.
- d. Enzim dalam skala industri, seperti enzim interseluler-invertase, asparaginase, urik oksidase, restruksi endonukl dan DNA ligase.

Bioteknologi Berbasis Fermentasi dalam Pengolahan Limbah

Salah satu tujuan utama biotek adalah meningkatkan manajemen penanganan dan pemanfaatan material sampah organik yang volumenya cenderung bertambah dengan pesat. Pemanfaatan sampah tersebut akan mengeliminasi sumber polusi terutama pencemaran air, dan dengan penerapan proses bioteknologi, maka dapat mengubah limbah menjadi produk-produk yang bermanfaat. Limbah untuk substrat fermentasi:

1. Molase, sebagai produk sampingan (limbah) industri gula masih mengandung kadar gula 50 %. Molase digunakan secara luas sebagai bahan baku fermentasi dan untuk produksi antibiotik, asam organik, dan khamir untuk pembuatan roti, bumbu masak (MSG) atau diberikan langsung untuk makanan ternak.

2. Whey sebagai produk sampingan (limbah) industri keju digunakan sebagai substrat fermentasi.
3. Batang padi (damen) untuk produksi jamur merang.
4. Bagase (ampas tebu) banyak mengandung lignoselulose.

Peran biotek dalam pemanfaatan bahan sampah organik:

1. Mengubah kualitas makanan limbah agar sesuai untuk konsumsi manusia.
2. Memberi makan bahan sampah secara langsung atau setelah pemrosesan ke unggas, babi, ikan, atau ternak lainnya yang dapat mencerna secara langsung
3. Limbah yang banyak mengandung lignoselulose diberikan pada sapi atau ruminansia.
4. Produksi biogas methane dan produk fermentasi lain jika tidak dapat diberikan ternak.

F. Evaluasi Belajar

a. Rangkuman

Bioteknologi Pengolahan dan pengawetan makanan atau minuman dengan menggunakan mikroba bertujuan agar zat makanan tidak lekas busuk (rusak), selain itu, juga memiliki rasa dan bau yang enak (khas) serta kandungan gizi yang kaya dan lengkap melalui proses fermentasi. Fermentasi merupakan suatu cara yang telah dikenal dan digunakan sejak lama sejak jaman kuno. Fermentasi merupakan suatu cara untuk mengubah substrat menjadi produk tertentu yang dikehendaki dengan menggunakan bantuan mikroba. Bioteknologi berbasis fermentasi sebagian besar merupakan proses produksi barang dan jasa dengan menerapkan teknologi fermentasi atau yang menggunakan mikroorganisme untuk memproduksi makanan dan minuman seperti: keju, yoghurt, minuman beralkohol, cuka, sirkol, acar, sosis, kecap, dll. Produk-produk tersebut biasanya dimanfaatkan sebagai minuman atau makanan. Bioteknologi fermentasi, teknologi fermentasi merupakan teknologi yang menggunakan mikroba untuk memproduksi makanan dan minuman.

b. Latihan dan Tugas

1. Jelaskan tentang fermentasi serta prinsip dasar fermentasi
2. Jelaskan metode dalam fermentasi

3. Sebutkan apa yang dimaksud dengan bioreaktor serta jenis bioreaktor berdasarkan sistem terbuka dan tertutup?
4. Jelaskan Produk makanan dan minuman dari hasil fermentasi

c. Penilaian Tugas

Tugas dibuat di blog mahasiswa

- Blog di link ke web hybrid learning
- Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
- Tugas diselesaikan sebelum batas akhir pengumpulan tugas

E. DAFTAR PUSTAKA

Pramasinta Alice, Riska L, Hadiyanto. 2014. Bioteknologi Pangan: Sejarah, Manfaat dan Potensi Risiko. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan.

Primrose, S.B. (1987). Modern Biotechnology. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Peter Chen (1997). Microorganisms & Biotechnology. London: John Murray Ltd.

Nurchahyo H. 2011. Diktat Bioteknologi. Jurusan Pendidikan Biologi. Universitas Negeri Yogyakarta

Waites, M.J., Morgan, N.L., Rockey, J.S., and Gary Highton (2001). Industrial Microbiology: An Introduction. USA: Blackwell science.

Yuwono T. 2005. Bioteknologi Pertanian. UGM Press. Yogyakarta